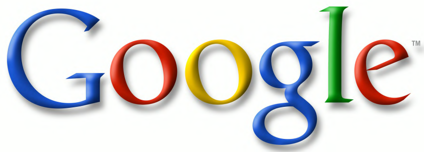
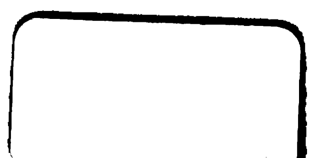








H.B. Swift.

Walter B. Swift M. D.
Lützow Str. 78, Berlin

LEITFADEN

DER

ELEKTRODIAGNOSTIK UND ELEKTROTHERAPIE

FÜR

PRAKTIKER UND STUDIERENDE

VON

DR. TOBY COHN

NERVENARZT IN BERLIN.

MIT 6 TAFELN UND 53 ABBILDUNGEN IM TEXT.

DRITTE DURCHGESEHENE UND VERMEHRTE AUFLAGE.



BERLIN 1906

VERLAG VON S. KARGER

KARLSTRASSE 15.

Druck von A. Hopfer in Burg b. M.

Vorwort zur dritten Auflage.

Auch für die dritte Auflage habe ich den Leitfaden wieder einer gründlichen Durchsicht und Bearbeitung unterzogen. Die Folge ist, daß in den einzelnen Abschnitten mancherlei Änderungen und Hinzufügungen vorgenommen wurden. Besonders habe ich meine, durch Arbeiten auf anderem Gebiete (Die methodische Palpation, Berlin, S. Karger, 1905) gewonnenen speziellen Erfahrungen dazu verwertet, um die Tafeln mit den erregbarsten Punkten und den zugehörigen Text nochmals eingehend zu revidieren und Ungenauigkeiten richtigzustellen. Ich hatte dabei zu meiner Freude Gelegenheit, gemeinsam mit den Herren Kollegen Fritz Frohse (Volontärassistent an der Königlichen Anatomie) und Max Fränkel, deren anatomische Untersuchungen über die Muskeln der Extremitäten etwa gleichzeitig mit dieser Auflage meines Leitfadens erscheinen dürften (Fischer, Jena), eine Nachprüfung meiner klinischen, empirisch gewonnenen Befunde und einen Vergleich derselben mit den von anderem Standpunkte aus gesammelten Erfahrungen der genannten Herren vorzunehmen: es ergab sich eine erfreuliche Übereinstimmung in allem Wesentlichen. Ich habe indessen aus diesem Zusammenarbeiten auch die Kenntnis mancher bisher gänzlich unbekannter Tatsachen in Bezug auf lokale Muskelreizung erlangt und bin den beiden Herren Kollegen für die Mitteilung dieser Dinge zu großem Danke verpflichtet.

Es bedarf keiner Erwähnung, daß die neueren Arbeiten, so weit sie Wichtiges bringen, in allen Teilen des Buches berücksichtigt wurden. Eine wesentliche Bereicherung erfuhr wiederum der therapeutische Teil und der Anhang; auch eine Reihe neuer Abbildungen wurde zugefügt (besonders schematische Zeichnungen). — Gänzlich neu ist ein Kapitel über „Betriebsstörungen an galvanischen und faradischen Apparaten“. Ich habe so oft die Ratlosigkeit des Anfängers mitangesehen, dessen Apparat „keinen Strom“ gab, trotzdem ein einfaches Anstoßen des Wagnerschen Hammers oder das Festziehen einer Schraube ausgereicht hätte, um den Schaden zu beseitigen, daß ich mit der Raterteilung für derartige Fälle einem praktischen Bedürfnis entgegenzukommen glaube.

Von der zweiten Auflage ist eine autorisierte englische Übersetzung erschienen und eine italienische in Vorbereitung. — Hoffentlich findet auch die dritte die freundliche Aufnahme bei den Kollegen, die den beiden ersten in so reichem Maße beschieden gewesen ist.

Berlin, Oktober 1905.

Toby Cohn.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Entsprechend den Fortschritten der Wissenschaft und den im Laufe dreier Jahre naturgemäß in vielen Punkten eingetretenen Wandlungen meiner eigenen Erfahrungen und Ansichten war für die zweite Auflage des Leitfadens der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie eine Durcharbeitung des ganzen Buches und eine teilweise Neubearbeitung ganzer Abschnitte notwendig. Da außerdem eine Reihe von Figuren hinzugefügt und die alten zum Teil geändert werden mußten, so lag die Gefahr nahe, daß das Buch eine Gestalt bekam, die erheblich von der abwich, in der es zu meiner Freude in relativ kurzer Zeit Verbreitung und günstige Beurteilung gefunden hatte.

Durch möglichste Knappheit bei den Ergänzungen, durch eine den Zwecken des Buches Rechnung tragende Verweisung des praktisch Unwichtigen oder noch Strittigen in Anmerkungen und Fußnoten, sowie durch möglichst konservatives Verfahren bei der Textdurchsicht hoffe ich diese Gefahr vermieden und dem Buche seine alte Form gewahrt zu haben.

Dagegen habe ich — in Befolgung vielfach geäußerter Wünsche — den therapeutischen Teil etwas vergrößert und außerdem ein Kapitel über Teslaströme nebst einem Anhang über neuere Anwendungsformen der Elektrizität angefügt. Ich tat beides nur ungern: gute oder gar neue gute Behandlungsmethoden sind so rar wie kritische Elektrotherapeuten; und was die Heilerfolge der „Teslaïsation“ betrifft, so ist meine Meinung darüber trotz der lebhaften Propaganda, die für dieses Heilverfahren gemacht wird, auf Grund neuerer Arbeiten anderer und auf Grund meiner eigenen Versuche nicht sehr weit von absoluter Skepsis entfernt. Ich habe die genannten Zusätze dessenungeachtet gemacht, da ich mich nicht berechtigt fühlte, die Kenntnis dieser Dinge, so fragwürdig sie mir erscheinen mögen, meinen Lesern ohne weiteres vorzuenthalten.

Den mir von einem meiner Kritiker gegebenen Rat, mehr Physik zu bringen, habe ich nicht befolgt, weil ich ihn für ganz verfehlt halte: ich habe im Gegenteil die Erfahrung, daß die Praktiker elektrophysikalischen Erörterungen weder große Neigung noch zumeist Verständnis entgegenbringen, in jedem Kursus von neuem bestätigt gefunden.

Ich habe auch — trotz gegenteiliger Ratschläge — das Prinzip beibehalten, alle diagnostischen und therapeutischen Verfahren (soweit

sie galvanischen und faradischen Strom betreffen) an einem einzigen stationären Apparat zu demonstrieren, und andere Konstruktionen erst später in einem besonderen Kapitel zu beschreiben. Diese Stoffeinteilung ist vielleicht logisch anfechtbar, aber didaktisch sicherlich zweckmäßig. — Dabei ist es natürlich gleichgültig, ob der zur Beschreibung gewählte Apparat ein stationärer der Firma X oder ein transportabler der Firma Y war: bei den zahllosen Konstruktionsverschiedenheiten, die existieren, würde immer ein Teil der Leser auf Kombinationen und eigenes „Zurechtlegen" angewiesen sein.

Eine einheitliche Orthographie ist in der neuen Auflage durchgeführt und sinnentstellende Schreib- und Druckfehler der ersten selbstverständlich herausgebracht worden.

Den Herren Kollegen, die mir durch Anregungen und Ratschläge ihr Interesse an meiner Arbeit bekundet haben, danke ich auch an dieser Stelle verbindlichst; ebenso möchte ich meinem verehrten lieben Vater, der mich bei der Korrektur in unermüdlicher Weise unterstüzt hat, für seine sorgsame Mitarbeit herzlichst danken: auch meinem Verleger, Herrn Karger, für das mir stets bewiesene freundliche Entgegenkommen.

Berlin, im April 1902.

Toby Cohn.

Vorwort zur ersten Auflage.

Der vorhandenen Anzahl, Elektrodiagnostik und -therapie behandelnder, teils umfangreicher, teils kompendiöser Lehrbücher ein neues beizufügen, ist ein Unterfangen, das einer Rechtfertigung bedarf. Ich habe diesen kurzen Leitfaden geschrieben, nicht weil ich glaube, mit demselben inhaltlich Neues bringen zu können, sondern weil ich auch meinerseits den bisher noch nicht geglückten Versuch nicht unterlassen wollte, die große Menge der Studierenden und Praktiker, die immer noch dem hier behandelten Gebiet fast völlig fremd gegenüberstehen, dadurch dafür zu gewinnen, daß ich ihnen das Alte in einer Form bringe, die möglicherweise ihrem Geschmacke nahekommen könnte. In Studenten- und Ärzte-Kursen an der Prof. Mendelschen Poliklinik hat sich mir im Laufe der Jahre nämlich die Tatsache als sicher erwiesen: Medizinstudierende und Ärzte haben im allgemeinen eine Abneigung gegen alle mathematischen Auseinandersetzungen und gegen alle technischen Erörterungen, mit denen meistenteils die elektrotherapeutischen Lehrbücher beginnen. Dies ist zu einem nicht geringen Teil der Grund, weshalb die Lernenden sich vom Nähertreten an den Gegenstand abschrecken lassen. Und wenn das schon für die kurzen Kompendien unseres Faches gilt, — von denen übrigens einige gar zu kurz in wichtigen Dingen sind, oder therapeutisch einseitig einer extremen Richtung huldigen, — so wagt sich der Anfänger gewiß nicht an die größeren, den gesamten Stoff bis in die Einzelheiten darbietenden Fachwerke heran, trotzdem grade das deutsche Schrifttum eine Reihe von Werken dieser Art enthält, die — wie die von Erb, E. Remak, Rosenthal und Bernhardt, Lewandowski usw. — Zierden der neurologischen und der medizinischen Literatur überhaupt darstellen und einen bleibenden Wert beanspruchen.

Ich beginne in diesem Leitfaden, wie sich mir das in meinen Kursen bewährt hat, sofort — nach einigen einleitenden Worten — mit der Beschreibung eines einzigen Apparates, eines stationären Apparats für galvanischen und faradischen Strom, und versuche, mit Hilfe einer Art Anschauungs-Unterricht, gewissermaßen demonstrierend, das nun einmal unvermeidliche Physikalische und Technische in möglichster Kürze zu erledigen. Nach einer, ebenfalls nur das Nötigste bringenden, physiologischen Einleitung gehe ich dann bald zur Untersuchungs-Methodik und zur Pathologie über. Nun ist dieses „Demonstrieren des Apparats" natürlich an der Hand von Zeichnungen

bei weitem nicht so bequem und so eindringlich wie im Kursus am Apparate selbst. Aber da ich der Ansicht bin, daß man das hier behandelte Fach aus einem Buche allein überhaupt nicht erlernen kann, so nehme ich an, daß dieser Leitfaden entweder im Anschluß an einen Kursus benutzt werden und zu diesem gleichsam die Ergänzung bilden soll, oder daß er einem Praktiker an der Hand eines vorhandenen Apparats zeigen wird, was mit diesem Apparat anzufangen ist: ist dieser Apparat auch kein stationärer oder von anderer Konstruktion, so wird es doch mutatis mutandis — eventuell unter Zuhilfenahme des über die Apparate handelnden letzten Kapitels — nicht schwer sein, sich zurechtzufinden.

Bei der Darstellung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse im diagnostischen Teil ging ich von der Ansicht aus, daß man einen Anfänger nicht von vornherein durch eine Fülle von Möglichkeiten und Varianten verwirren und ihm so — gleichsam schon vor dem Essen — den Appetit durch eine Menge an sich interessanter Kleinigkeiten verderben soll: ich glaube vielmehr, daß ein Leitfaden für Anfänger die Aufgabe hat, zunächst Typen darzustellen, die sich leicht fassen und behalten lassen; dann aber freilich, wenn dieselben dem Lernenden eingeprägt sind, ihn eindringlich darauf hinzuweisen, daß es eben nur Typen sind, von denen es zahlreiche Abweichungen und Modifikationen gibt, und ihn auf alle diese — oder doch wenigstens auf die für den Praktiker wichtigen — aufmerksam zu machen. Das ist der Plan, der in diesem Buche verfolgt wurde: wenn manches auch noch so schematisch erscheinen mag, so habe ich doch geglaubt, es zunächst grade so schematisch darstellen zu müssen, habe jedoch stets später — im Text oder in Anmerkungen — nicht unterlassen, das Gesagte einzuschränken, zu korrigieren, oder sogar teilweise zu widerrufen.

Der elektrotherapeutische Teil tritt an Umfang hinter dem diagnostischen zurück: ich glaube die Erfahrung zu haben, daß jemand, der die Elektrodiagnostik beherrscht, die elektrotherapeutischen Maßnahmen rasch und leicht versteht, während sie ohne diagnostische Vorkenntnisse nur sehr schwer oder gar nicht zu erlernen sind. — Daß bei der Auffassung der therapeutischen Stromwirkungen Skepsis nötig ist, braucht wohl nicht erst betont zu werden; ich kann mich aber nicht der Auffassung der „Suggestionisten“ anschließen, daß die Heilwirkungen des Stroms ausschließlich psychische sind. —

Ebenso wie ich es für fehlerhaft halte, die Elektrotherapie zu unterschätzen, möchte ich davor warnen, die Elektrodiagnostik zu überschätzen; es ist im Text wiederholt darauf hingewiesen, aber es soll auch hier noch einmal hervorgehoben werden, daß die elektrische Untersuchung nur einen geringen Bruchteil der sämtlichen Untersuchungsmethoden ausmacht; sie ist in manchen Fällen unentbehrlich, aber allein genügt sie niemals zur Diagnosenstellung.

Ein Anhang über die Franklinisation soll das für den Anfänger Wissenwerteste in aller Kürze bringen. — Zur Aufnahme der

d'Arsonvalschen — in Deutschland übrigens noch gar nicht eingeführten — „Ströme hoher Frequenz“ in den Plan dieses Leitfadens habe ich mich nicht entschließen können: was darüber bekannt ist, ist noch zu wenig und entbehrt der kritischen Sichtung. Auch die Galvanokaustik, sowie die Verfahren zur elektrischen Beleuchtung und Durchleuchtung habe ich ausgeschlossen.

Herrn W. A. Hirschmann, der mir die Clichés zu den Abbildungen der Instrumente zur Verfügung gestellt hat, und Herrn Arthur Levin, von dem die übrigen Zeichnungen angefertigt sind, bin ich zu Dank verpflichtet.

Besonderer Dank gebührt der Verlagsbuchhandlung, die sich in anerkennenswerter und entgegenkommender Weise bemüht hat, dem Leitfaden ein stattliches Äußere zu geben.

Berlin, September 1898.

Toby Cohn.

Inhalt.

Teil I. Elektrodiagnostik.

1. Kapitel.

Die Erklärung des Apparats (physikalische Einleitung).

a) Der galvanische Apparat.

Das Element.

Wenn zwei Metalle, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit, etwa eine verdünnte Säurelösung, eintauchen, so sammelt sich in den Metallen eine bestimmte Form potentieller Energie (elektrische Energie) unter einer gewissen Spannung an. Eine solche Zusammenstellung einer Flüssigkeit mit zwei hineintauchenden Metallen nennt man ein galvanisches Element. Die Spannung ist in den beiden verschiedenen Metallen eine verschiedene.

Man kann die meisten Metalle in eine Reihe geordnet denken (Spannungsreihe): je nach der Entfernung je zweier Metalle in dieser Reihe ist, wenn sie zum Element vereinigt werden, die Differenz ihrer beiden Spannungen bald größer, bald kleiner: je näher zwei Metalle in der Spannungsreihe bei einander stehen, um so geringer ist die Differenz ihrer Spannungen; je weiter sie in der Reihe entfernt sind, um so größer ist ihre Spannungsdifferenz.

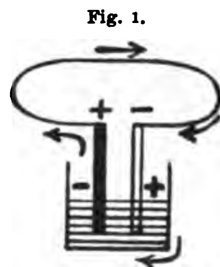
Bei der Spannungsreihe:

Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle, Braunstein

würde also in einem Element aus Zink und Blei die Spannungsdifferenz äußerst gering sein, in einem Element aus Zink und Braunstein (ceteris paribus) am größten.

Wenn man die freien Enden (Pole) der beiden in die Flüssigkeit tauchenden Metalle durch einen die Elektrizität leitenden Körper, z. B. einen Kupferdraht, miteinander verbindet, so beginnen jetzt die differenten Spannungen sich in dem nunmehr geschlossenen Kreis — Metall I, Flüssigkeit, Metall II, Kupferdraht — auszugleichen; und da durch den fortwährenden Kontakt der Metalle mit der Flüssigkeit ein fortdauerndes, immer neues Ansammeln elektrischer Energie in ihnen vorgeht, so wird auch das Ausgleichen der Spannungen nicht ein nur momentanes, sondern ein andauerndes sein: man nennt dieses Sich-Ausgleichen „Strömen der Elektrizität“ (konstanter Strom, galvanischer Strom).

Fig. 1.



Schema eines Elements: das hell gezeichnete Metall = Zink, das dunkel gezeichnete = Kohle. Die Pfeile zeigen die Stromrichtung an.

Der konstante Strom.

Dieses Strömen wird mit um so größerer Energie geschehen, je differenter (ceteris paribus) die Spannungen in den beiden Metallen des Elements sind, also je weiter die Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind. Die Fähigkeit eines Elements, einen elektrischen Strom zu erzeugen, bezeichnet man

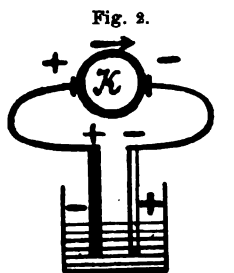
als die elektromotorische Kraft des Elements (E). Die elektromotorische Kraft des Elements wird demnach (ceteris paribus) um so größer sein, je weiter seine Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind; es wird also ein Zink-Braunstein-Element resp. ein Zink-Kohle-Element (wiederum ceteris paribus) die größte elektromotorische Kraft entfalten können.

Man unterscheidet in dem Ausgleichen der differenten Spannungen eine Hauptrichtung: diese geht in der Flüssigkeit von dem in der Spannungsreihe voranstehenden zu dem hintenanstehenden Metall; also bei einem Zink-Kohle-Element geht das Ausgleichen, der „Strom", in der Flüssigkeit vom Zink zur Kohle; im Kupferdraht — oder ebenso in jedem anderen, die freien Metallenden („Pole") verbindenden Körper, der als Schließungsbogen bezeichnet wird — muß natürlich die Richtung eine umgekehrte sein, also vom freien Kohlepol zum freien Zinkpol.

Man bezeichnet jedes in der Spannungsreihe voranstehende Metall als positives, jedes hintenanstehende als negatives Metall*) und sagt also: Der Strom in einem galvanischen Element geht in der Flüssigkeit vom positiven zum negativen Metall. Es würde demnach in einem Zink-Kupfer-Element Zink positiv, Kupfer negativ sein, in einem — hypothetischen — Kupfer-Kohle-Element Kupfer positiv, Kohle negativ sein, und der Strom in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer bezw. vom Kupfer zur Kohle gehen.

Im Schließungsbogen — in dem der Strom, wie gesagt, in umgekehrter Richtung fließt — bezeichnet man aus nicht näher zu erörternden Gründen das freie Ende des positiven Metalls (z. B. im Zink-Kohle-Element den freien Zinkpol) als negativen Pol oder Kathode, das freie Ende des negativen Metalls (den freien Kohlepol z. B.) als positiven Pol oder Anode.

Fig. 2.



Der menschliche Körper (K) im Stromkreis.

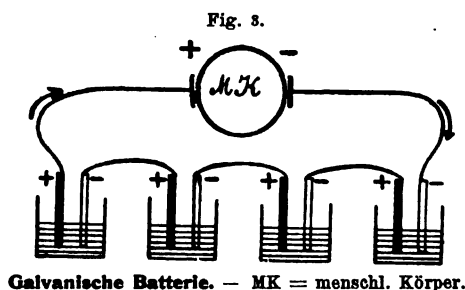
Denkt man sich nun den Schließungsbogen an einer Stelle unterbrochen und einen anderen, Elektrizität leitenden Körper, z. B. einen Teil des menschlichen Körpers (K in Fig. 2), an der Unterbrechungsstelle eingeschaltet, so wird der Strom in derselben Richtung durch diesen Körper hindurchgehen, und man nennt wiederum die Eintrittsstelle des Stroms Anode (positiven, + Pol), die Austrittsstelle Kathode (negativen, — Pol). Die dem Körper dicht anliegenden Teile des unterbrochenen Schließungsbogens, denen man je nach Bedarf verschiedene Formen gibt, heißen Elektroden.

Die Batterie. Es ist für therapeutische und diagnostische Zwecke notwendig, Ströme von verschiedener Kraft, stärkere und schwächere (oder wie man auch sagt, größere und kleinere) Ströme durch den menschlichen Körper schicken zu können. Um diese Abstufungsmöglichkeit zu haben,

*) Dieses Verhältnis ist nur ein relatives.

reiht man mehrere gleichgebaute Elemente aneinander in der Weise, daß man immer den negativen Pol des ersten Elements mit dem positiven des folgenden durch Kupferdraht verbindet*) und schließlich die beiden freien Pole des ersten und letzten Elements miteinander. Diese Zusammenstellung heißt eine galvanische Batterie, und es ist die elektromotorische Kraft der Batterie um so größer, je größer die Anzahl der sie zusammensetzenden Elemente ist. Der Strom in ihr (und auch in dem eventuell eingeschalteten menschlichen Körper) hat die alte Richtung, vom ersten Kohle- zum letzten Zinkpol. Man kann darum von einer Anode und einer Kathode der Batterie sprechen. — Wenn es nun angängig ist, Element für Element oder mehrere und alle gleichzeitig in den Stromkreis einzuschalten, so ist das Postulat der Abstufungsmöglichkeit erfüllt. — Eine solche Vorrichtung findet sich an jedem zu medizinischen Zwecken verwendeten Apparat.

Fig. 3.



Galvanische Batterie. — MK = menschl. Körper.

Betrachten wir den hier (Fig. 4) abgebildeten stationären Apparat, so ist an ihm folgendes zu bemerken: Im Kasten befindet sich eine größere Anzahl (etwa 30 bis 50) Zink-Kohle-Elemente einer bestimmten (später näher zu besprechenden) Konstruktion. Dieselben sind in der oben erwähnten Weise untereinander verbunden, und vom Kohlepol des ersten Elements geht unterm Apparattisch eine metallische Verbindung zu einer mit + bezeichneten Schraube (Polklemme) des Tisches (Anode der Batterie), vom Zinkpol des letzten Elements eine ebensolche zu einer mit — bezeichneten Polklemme (Kathode der Batterie). Von den beiden Klemmen setzt sich der Schließungsbogen der Batterie in den beiden Leitungsschnüren (mit Seide besponnenen Kupferdrähten, die von isolierenden Kautschukschläuchen umhüllt sind) fort bis zu den — mit Handhaben versehenen — Elektroden.**)

Setzt man jetzt die Elektroden (aus später zu erwähnenden Gründen befeuchtet) auf den menschlichen Körper, so muß der Strom der Batterie den Körper in der Richtung von der Anode zur Kathode durchfließen.

Nun befindet sich auf dem Tisch eine Vorrichtung, die es ermöglicht, bald den gesamten Batteriestrom, bald nur den von einer mehr oder weniger großen Anzahl von Elementen gelieferten durch den Körper zu schicken. Das ist der in der Fig. 4 und 5 mit E bezeichnete

*) „Ungleichnamige Verbindung" oder „Hintereinanderschaltung" der Elemente.

**) Die Kautschukschläuche hat man, um auch fern vom Tisch unterscheiden zu können, in welcher Richtung der Strom fließt, mit verschiedener Färbung — rot und schwarz — versehen. Schnüre und Elektroden fehlen in der Figur.

Elementenzähler. Wenn die Kurbel dieses Zählers auf Null steht, so ist der Stromkreis offen, und es geht kein Strom durch den Schließungsbogen. Wenn die Kurbel auf die mit 10, 20, 30 usw. bezeichneten Kontakte geschoben wird, so wird — bewirkt durch eine

Fig. 4.

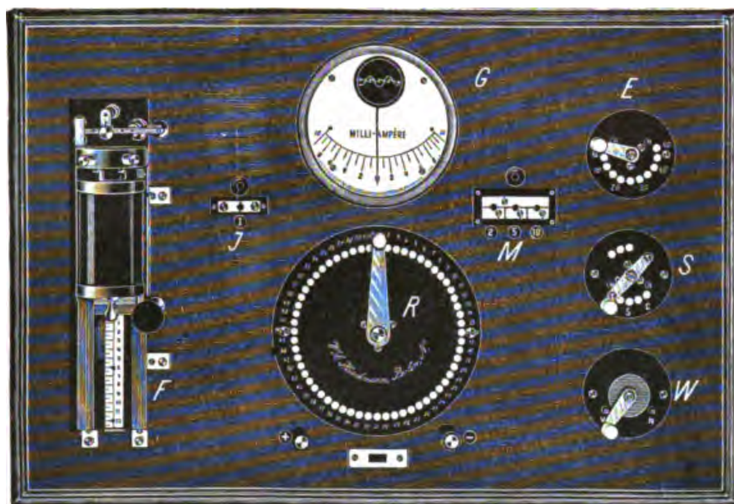


einfache Schaltvorrichtung unter dem Tische — der von resp. 10, 20, 30 usw. Elementen gelieferte Strom hindurchgehen und so eine allmähliche Stromverstärkung resp. -abschwächung herbeigeführt werden können.

Anm. An manchen Apparaten kann man die Abstufung noch feiner, nämlich von Element zu Element, vor- und zurückschreitend, vornehmen, was aber, wie bald zu erwähnen, für praktische Zwecke unnötig ist.

Beim Durchgehen des sich allmählich verstärkenden Stromes durch den Körper empfindet man ein nach und nach bis zur Schmerzhaftigkeit sich steigerndes Brennen in der Haut.

Fig. 5.



Die Platte des Apparat-Tisches, Fig. 4, von oben gesehen.
G = Galvanometer, *R* = Rheostat, *E* = Elementenzähler, *J* = Klötzchen mit Stöpsel für den Induktionsapparat, *F* = faradischer (oder Induktions-)Apparat, *W* = Stromwender, *S* = Stromwechsler, *M* = Multiplikator für das Galvanometer.

Das Galvanometer.

Gleichzeitig sieht man an dem mit G bezeichneten Apparat — dem absoluten Galvanometer — eine Magnetnadel sich bewegen, welche um so weiter ausschlägt, eine je größere Anzahl Elemente eingeschaltet wird. Die Nadel bewegt sich an einer Skala entlang, von einem in der Mitte dieser Skala befindlichen Nullpunkt an, und zeigt an empirischer Graduierung in einem konventionell festgesetzten Einheitsmaß (Milli-Ampère) die Stärke des im menschlichen Körper vorhandenen Stromes an.

Es drängt sich da zunächst die Frage auf: Ist denn ein solcher Meßapparat überhaupt notwendig? Reicht es nicht zur Erkennung der im Körper vorhandenen Stromstärke aus, die Anzahl der eingeschalteten Elemente zu kennen? Kann man nicht sagen: im Körper fließt der Strom von 10, 20, 30 Elementen?

Das wäre durchaus fehlerhaft: der Strom im Körper, an der zu behandelnden resp. zu untersuchenden Stelle, z. B. am erregbarsten Punkte eines Muskels oder Nerven, hat in der Tat nicht dieselbe Intensität wie in dem Moment, wo er im Elemente entsteht. Auf dem Wege vom Element bis zum Muskel büßt er an Stärke ein durch Widerstände, die sich ihm entgegenstellen, und zwar 1) durch Widerstände im Element selbst (wesentlicher Widerstand), 2) durch den

Widerstand des Schließungsbogens einschließlich des menschlichen Körpers (außerwesentlicher Widerstand). Die Stromstärke im Körper (J = Intensität) wird also zwar ceteris paribus um so größer sein, je größer die Anzahl der eingeschalteten Elemente (die elektromotorische Kraft E) ist; sie wird aber außerdem abhängen von der Größe des Widerstandes (W) und wird um so kleiner sein, je größer der Widerstand ist, und umgekehrt: das ist das außerordentlich wichtige erste Ohmsche Gesetz, das Alpha und Omega der Elektrodiagnostik: $J = \frac{E}{W}$, die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Widerstand.

Wenn man demnach wissen will, wie groß der Strom im Körper ist, so genügt es nicht zu wissen, wie groß die Anzahl der eingeschalteten Elemente ist, sondern man müßte noch mit besonderen Methoden den Widerstand des Körpers feststellen, um den Bruch $\frac{E}{W}$ berechnen zu können. Oder aber — und das ist der bequeme Weg, den wir dank dem absoluten Galvanometer einschlagen können, — wir vernachlässigen die rechte Seite der Gleichung völlig und beantworten uns die Frage nach der Größe der Stromintensität J, indem wir dieses J direkt am Galvanometer in Milli-Ampères (**MA**) ablesen*). Es ist also falsch zu sagen: im Körper fließt ein Strom in der Stärke von so und so vielen Elementen; man darf vielmehr nur sagen: die Stromstärke im Körper beträgt so und so viel **MA**.**)

Da, um eine bestimmte Stromstärke zu erhalten, nach dem Ohmschen Gesetz eine um so größere elektromotorische Kraft erforderlich ist, je größer der Widerstand wird, ist es natürlich von großer Bedeutung, die allgemeinen Widerstandsverhältnisse kennen zu lernen.

Der Widerstand.

Während der Widerstand im Element unbedeutend und in den guten Apparaten ziemlich konstant, der W im metallischen Schließungsbogen zwar nicht unerheblich, jedoch — wie bald auszuführen sein wird — willkürlich regulierbar ist, ist der Widerstand, den der menschliche Körper dem Strom bietet, sehr beträchtlich und zahlreichen Veränderungen unterworfen. Und von den Geweben und Organen des Körpers ist es wieder eins, dessen Widerstand ganz besonders groß und für unsere Stromanwendung von Wichtigkeit ist: das ist die Haut. Der Widerstand der Haut gegen den Strom ist so groß, daß

*) 1 Milli-Ampère = $^1/_{1000}$ Ampère.

1 Ampère (konventionelles Einheitsmaß für die Stromstärke J) ist $= \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$.

1 Volt (konvent. Einheitsmaß für die elektromotorische Kraft) = $^9/_{10}$ eines frischgefüllten Daniell-Elements und = der Elektrizitätsmenge, die in einer Sekunde (bei 0° und 760 mm Druck) 0,1146 ccm H elektrolytisch frei macht.

1 Ohm (konvent. Einheitsmaß für den Widerstand) ist gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0°.

**) Über eine scheinbare Einschränkung des Ohmschen Gesetzes und eine dementsprechend veränderte Meßmethode s. S. 52, Fußnote.

ihm gegenüber die Widerstände der übrigen Körpergewebe und die des Elements praktisch außer Betracht bleiben können.

Der Hautwiderstand ist an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten wechselnd.*) Den größten Widerstand für den galvanischen Strom bietet trockene Haut. Trockene Elektroden, auf trockene Haut gesetzt, bieten selbst stärksten Strömen einen fast absoluten Widerstand. Sie wirken höchstens auf die Oberfläche, die Haut können sie nicht durchdringen. Deshalb muß man die Elektroden (oder die Haut oder beides) befeuchten, wenn man den Strom in die Tiefe dringen lassen will. —

Hautstellen, die meistens unbedeckt getragen werden, und die eine dickere Epidermis oder Haare haben, bieten größeren Widerstand als andere. An Stellen, wo zahlreiche Schweißdrüsen-Ausführungsgänge, durch welche der Strom gewissermaßen hineinschlüpfen kann, oder leere Haarbälge sind, ist der Widerstand geringer. Namentlich ist von Wichtigkeit, daß während der Zeit, in der ein Strom durch den Körper fließt, durch die Einwirkung des Stromes selbst der Widerstand der Haut herabgesetzt wird. Man sieht nämlich, wenn man z. B. einen Teil seines Körpers (die Hand oder dgl.) in den Strom einschaltet, daß die Galvanometernadel, die zuerst z. B. 2 MA Stromstärke angezeigt hat, schon nach kurzer Dauer der Durchströmung einen größeren Ausschlag gemacht hat und nunmehr 3 oder 4 MA zeigt. J ist größer geworden, (nicht weil etwa E größer geworden wäre, sondern) weil W kleiner geworden ist. Dieses Sinken des Widerstandes geht natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze (konstantes Widerstandsminimum). Je stärker die Ströme sind, um so rascher sinkt im allgemeinen der Widerstand. Bei Greisen (und auch bei Kindern) ist der anfängliche Widerstand häufig sehr groß und tritt nachher während der Durchströmung ein erhebliches Sinken ein (s. das Kapitel „Leitungswiderstand“).

Will man den Widerstand der Haut besonders stark herabsetzen, so kann man außer starker Befeuchtung mit lauwarmem oder warmem Wasser einen Salzzusatz zum Wasser anwenden.**)

Wenn so die beiden Postulate, 1) den Strom allmählich verstärken und 2) die Stromstärke jedes Mal feststellen zu können, durch

*) Es ist für die Berechnung der Stromstärke — das geht aus dem Obigen leicht hervor — ziemlich gleichgültig, ob die Pole (Elektroden) am Körper näher beieinander stehen oder weiter voneinander entfernt sind. Nur die Beschaffenheit der Haut an den beiden Stellen, wo die Elektroden aufsitzen, kommt in Betracht: die Haut bietet einen zwar in der Größe wechselnden, aber immer relativ so bedeutenden Widerstand, daß gegenüber der Notwendigkeit für den Strom, auf dem Wege von einer Elektrode zur andern zweimal die Haut zu durchdringen, die Widerstände der sämtlichen übrigen auf dem Wege liegenden Körpergewebe relativ leicht überwindbar sind und praktisch nicht in Rechnung kommen.

**) Sehr stark widerstandherabsetzend wirken ferner alle sogenannten Stromschwankungen (s. weiter unten): Schließungen, Öffnungen, Wendungen usw. —

den Elementenzähler einerseits und das Galvanometer*) andererseits erfüllt sind, so bleibt doch noch zu wünschen übrig, daß die Möglichkeit gegeben ist, die Stromstärke noch allmählicher, noch feiner abzustufen, als dies durch Drehen der Zählerkurbel von 10 zu 10 Elementen (oder selbst von Element zu Element) erzielt werden kann. Wenn man z. B., wie dies zu diagnostischen Zwecken notwendig ist, diejenige Stromstärke auffinden will, bei der ein Muskel die erste, eben wahrnehmbare Zuckung — Minimalzuckung — macht, und man schaltete zu diesem Zweck mittels des Elementenzählers Element nach Element in den Stromkreis, so würde man gelegentlich sehen können, daß bei einem Strom, der von z. B. 17 Elementen geliefert wird, eine kräftige (nicht minimale) Zuckung erfolgt, bei einem von 16 Elementen gelieferten aber noch gar keine Zuckung vorhanden ist. Die Minimalzuckung liegt dann gleichsam dazwischen. Auch für therapeutische Zwecke, z. B. die Galvanisation am Kopfe oder die galvanische Behandlung der Neuralgieen, sind die durch das Springen von Element zu Element verursachten „Stromschwankungen" (s. unten Näheres) absolut zu vermeiden, wie später auszuführen sein wird.

Der Rheostat. Diesen Übelständen abzuhelfen und eine äußerst feine und allmähliche Abstufung der Stromstärke zu erreichen, dient der auf dem Tisch (Fig. 5) mit R bezeichnete Rheostat.

Das Prinzip desselben ist etwa das einer in einen Flüssigkeitsstrom (Fluß) niedergelassenen Schleuse, die dem Weiterfließen des Wassers einen Widerstand entgegensetzt und allmählich herausgehoben werden kann: je mehr sie gehoben wird, um so mehr Wasser kann stromabwärts fließen.

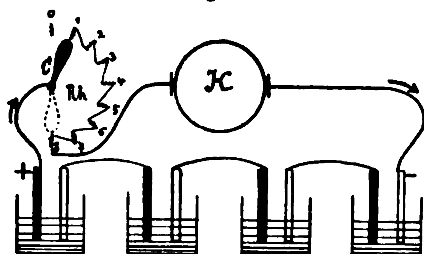
Wenn man im Schließungsbogen eines Elements sich Widerstände eingeschaltet denkt — z. B. Neusilberröllchen in größerer Zahl —, so daß der Strom sie durchfließen muß, ehe er den menschlichen Körper erreicht, so wird dadurch der Weg für den Strom um so mehr erschwert werden, je mehr Widerstände sich ihm entgegenstellen.

Bei einer gewissen Menge eingeschalteter Widerstände wird überhaupt kein Strom durch den Körper gehen können. Wenn die Möglichkeit gegeben ist, allmählich einen Widerstand nach dem andern einzuschalten, so wird nach und nach immer weniger und weniger Strom den Körper erreichen. Das zu ermöglichen, dient der in Fig. 6 schematisch dargestellte (in Fig. 4 u. 5 bei R abgebildete) Rheostat im Hauptschluß: Unter dem Apparattisch befinden sich

*) An den meisten Galvanometern befinden sich ein oder mehrere kleine Nebenapparate, die beiläufig erwähnt sein mögen: eine kleine Vorrichtung, durch welche die schwingende Nadel ausgeschaltet oder an jeder beliebigen Stelle fixiert werden kann (bei häufigen Stromschwankungen könnte die Nadel durch zu intensives Hin- und Herschlagen leicht aus ihrem Lager gehoben werden); außerdem eine Multiplikationsvorrichtung, durch die es ermöglicht wird, auch höhere Stromstärken, als die Skala anzeigt, leicht abzulesen. Näheres Eingehen auf die verschiedenen Konstruktionen dieses kleinen Nebenapparats kann füglich unterbleiben. In Fig. 5 ist das den Multiplikator enthaltende Klötzchen mit M bezeichnet. Es befinden sich dort Nebenschluß-Stöpselungen („Shunts"), dei deren Anwendung der 2fache, bezw. 5- und 10fache Wert von dem, was die Galvanometernadel anzeigt, abgelesen werden muß.

Neusilberröllchen, von denen jedes zu einem Kontakt-Knöpfchen auf der Tischplatte führt. Über die Kontakte, die im Kreise angeordnet sind, gleitet eine Kurbel. Wenn die Kurbel (C in der Fig. 6) auf dem ersten Kontakt rechts von 0, also in Fig. 6 auf Kontakt 1 steht*), so sieht man, daß der Strom sämtliche Neusilberröllchen zu durchlaufen hat, ehe er zum Körper gelangen kann: diese Röllchen bieten dem Strom so starke Widerstände, daß bei diesem Kurbelstand kein Strom den Körper erreicht; man mag soviel Elemente (mittels des Elementenzählers) eingeschaltet haben, wie man wolle: die Galvanometernadel bleibt unbeweglich. Dreht man aber jetzt die Kurbel in der Uhrzeigerrichtung herum, so bleiben immer weniger und weniger Widerstände im Stromkreis eingeschaltet, es werden immer mehr und mehr Widerstände ausgeschaltet, so daß der Weg für den Strom immer freier und freier wird; es kann allmählich mehr und mehr Strom den Körper passieren; und wenn die Kurbel — wie die punktierte Linie in der Fig. 6 — auf dem letzten Widerstande (8 in der Fig. 6) steht, so geht der gesamte Batteriestrom fast ungehindert durch den Körper. Dieses allmähliche Stärkerwerden des Stroms ersieht man daraus, daß sich die Galvanometernadel stetig und langsam vom Nullpunkt fortbewegt.

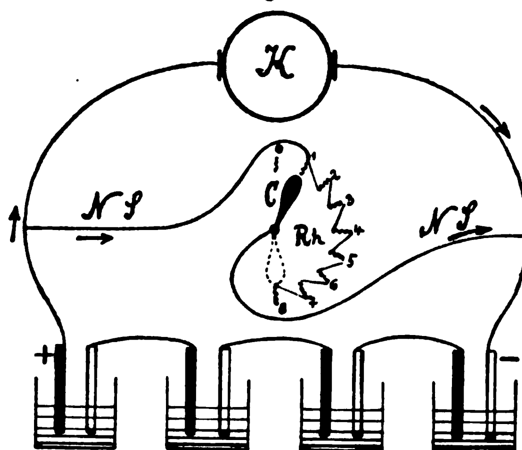
Fig. 6.



Rheostat im Hauptschluß.
Rh = Rheostat; C = Kurbel; K = menschl. Körper.

Anm. Nicht viel komplizierter ist das Prinzip des Rheostaten im Nebenschluß (s. Fig. 7). Wenn man nämlich im Schließungsbogen eines Elements eine zweite Schließung (Nebenschließung) anbringt — NS in Fig. 7 — und der menschliche Körper sich im ersten Schließungsbogen (Hauptschließung) befindet, so könnte jetzt der Strom zwei Wege gehen, durch den Hauptschluß mit dem menschlichen Körper oder durch den Nebenschluß. Nun wählt der Strom regelmäßig den bequemeren Weg, und da der menschliche Körper — wie wir oben sahen — dem Strom starken Widerstand bietet, so wird

Fig. 7.



Rheostat im Nebenschluß.
NS = Nebenschluß; Rh = Rheostat; C = Kurbel; K = menschl. Körper.

*) Bei Kontakt 0 befindet sich eine Unterbrechung.

in dem Moment, in dem am Element oder am Batterie-Schließungsbogen ein metallischer Nebenschluß angebracht ist, fast der gesamte Strom des Elements oder der Batterie den bequemeren Weg durch den Nebenschluß gehen und so gut wie nichts durch den Körper. Nun denke man sich aber, daß auch im Nebenschluß Widerstände sich befinden — z. B. wiederum Neusilberröllchen in größerer Zahl — und zwar so viele, daß die Summe ihrer Widerstände größer ist als der Widerstand des Körpers, dann wird jetzt der Weg für den Strom im Hauptschluß relativ bequemer sein und der gesamte (oder doch annähernd der gesamte) Batteriestrom durch den Körper gehen. Und wenn man nun schließlich die Möglichkeit hat, die Widerstände in den Nebenschluß allmählich, einen nach dem anderen, einzuschalten, so wird dadurch für den Strom der Weg im Nebenschluß allmählich immer mehr erschwert, der Weg im Hauptschluß allmählich immer relativ bequemer werden, und es wird nach und nach ein immer geringerer Teil des Batteriestroms durch den Nebenschluß, ein immer größerer durch den Körper gehen. Der Rheostat im Nebenschluß, der nach diesem Prinzip konstruiert ist, ist in Fig. 7 schematisch dargestellt: wenn die Kurbel C des — äußerlich durchaus dem anderen Rheostaten gleichenden — Apparates auf Kontakt 1 steht, so bedeutet das (wie aus der Figur leicht ersichtlich), daß im Nebenschluß sich so gut wie gar kein Widerstand befindet; jetzt geht also fast der Gesamtstrom der Batterie durch den Nebenschluß: gleichgültig, wie viele Elemente mittels des Elementenzählers in den Stromkreis eingeschaltet sind, den Körper trifft fast gar kein Strom; die Galvanometernadel zeigt auf 0. Erst wenn man die Kurbel langsam in der Uhrzeigerrichtung herumbewegt, werden nach und nach immer mehr Widerstände in den Nebenschluß eingeschaltet, der Weg für den Strom, wie oben ausgeführt, im Hauptschluß relativ immer bequemer, und es tritt eine ganz allmähliche Steigerung der Stromstärke im Körper ein: die Spitze der Galvanometernadel bewegt sich langsam vom Nullpunkt fort.*)

Wie benutzt man demnach den Rheostaten? Wenn man z. B. diejenige Stromstärke feststellen will, bei der eine Muskel-Minimalzuckung eintritt, so verfahre man in folgender Weise: Man setze die Elektroden befeuchtet über den Muskel auf (Näheres über die Anordnung der Elektroden später), schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein (10, 20 usw.), während die Rheostaten-Kurbel auf 0 zeigt; dann bewege man langsam die Kurbel des Rheostaten an den Kontakten entlang bis zu dem Moment, in dem man bei einer Stromschließung oder -öffnung (s. weiter unten) eine deutliche Zuckung des Muskels wahrnimmt: jetzt blicke man, während der Strom geschlossen bleibt, nach der Galvanometernadel und lese die Stromstärke an der Skala in Milli-Ampères ab.

Oder wenn man z. B. eine Kopfgalvanisation zu therapeutischen Zwecken mit einer bestimmten, geringen Stromstärke — etwa 1 MA — vornehmen will, so setze man wiederum die befeuchteten Elektroden (in später näher zu besprechender Weise) am Kopfe des Patienten auf, schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein und drehe nun langsam, indem man die Galvanometernadel dauernd beobachtet, so lange die Rheostatenkurbel in der Uhrzeigerrichtung, bis die Nadel 1 MA anzeigt.**)

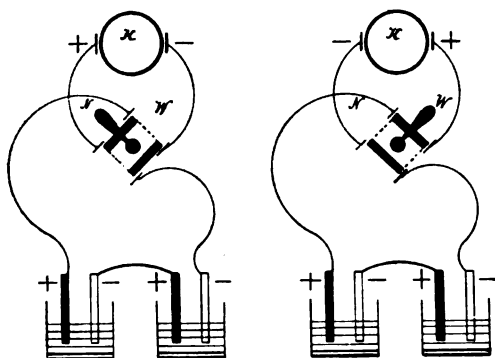
*) Die modernen Apparate mit Leclanché-Elementen haben der Stromersparnis wegen den Rheostaten im Hauptschluß. Auf ihn soll im folgenden stets rekurriert werden.

**) Es ist infolgedessen nicht von so großer Bedeutung für die Regulierung der Stromstärke, wie viele Elemente eingeschaltet sind: die Regulierung ge-

Der Stromwender.

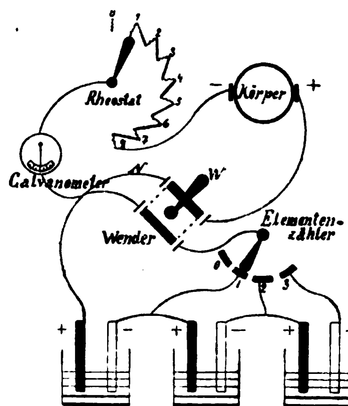
Noch ein Nebenapparat, der von Wichtigkeit für die Anwendung des galvanischen Stromes ist, muß kurz erwähnt werden: der in Fig. 5 (S. 5) mit W bezeichnete Stromwender. Er dient dazu, die Stromrichtung im Schließungsbogen leicht ändern zu können, ohne die Elektroden zu verrücken, was z. B. für Untersuchungszwecke fast unerläßlich ist. Wenn der Hebel dieses Wenders auf dem Kontakt N — Normalstellung — steht, so zeigt das, daß der Strom in der ursprünglichen Richtung, nämlich von der + Polklemme zur — Polklemme geht; wird der Hebel aber auf W — Wendestellung — bewegt, so ist die + Polklemme zur Kathode, die — Klemme zur Anode geworden, und die Stromrichtung geht von der letzteren zur ersteren, also in umgekehrter Richtung.*) Bei der Besprechung des Ganges der Untersuchung wird auf diesen Apparat zurückzukommen

Fig. 8.



Stromwender
bei Normalstellung (N), bei Wendestellung (W),
K = menschl. Körper.

Fig. 9.



Schema des Stromverlaufs in einem galvanischen Apparat.

sein. Das Prinzip seiner technischen Ausführung ist ein sehr einfaches und geht aus der schematischen Figur (Fig. 8) ohne weitere Beschreibung hervor, wobei die schwarz gezeichneten Teile Metallteile, die gestrichelten aber nichtleitende Hartgummistücke darstellen.

In ähnlicher Weise ist mit Hilfe der folgenden Figur (Fig. 9) der Stromverlauf in einem galvanischen Apparat ohne weiteres verständlich:

Der Strom geht aus der Batterie (je nach dem Stande des Elementenzählers der Strom von mehr oder weniger Elementen)

---

schieht am Rheostaten, nicht am Elementenzähler. Natürlich kann aber die Abstufung feiner sein, wenn man (z. B. zur Erzielung schwacher Ströme) eine geringe Anzahl Elemente eingeschaltet hat und so den ganzen Rheostaten zur Abstufung ausnutzen kann. S. im übrigen S. 52, Fußnote.

*) Zwischen N und W befindet sich ein Punkt, bei dessen Berührung mit dem Wenderhebel der Strom geöffnet ist. Durch Bewegung am Wender gelingt es also, nach Belieben den Strom zu öffnen oder nach der einen oder anderen Richtung zu schließen.

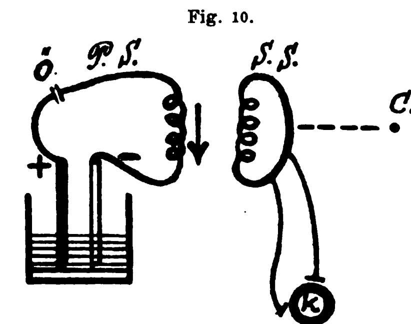
durch eine Seite des **Stromwenders** und dann (bei W-Stellung) zum **Körper**, zum **Rheostaten**, zum **Galvanometer**, und durch die andere Seite des **Stromwenders** und den Elementenzähler zur Batterie zurück (bei N-Stellung tritt eine entsprechende Änderung der Stromrichtung ein).

b) Der faradische Apparat.

Der Induktionsstrom.

Wir gehen zur Besprechung des faradischen Apparats wieder von dem einfachen galvanischen Element aus. Dessen metallischem Schließungsbogen können wir ja eine beliebige Form, also z. B. die einer Spirale geben. Wenn nun diesem spiralförmigen Schließungsbogen ein anderer metallischer Elektrizitätsleiter, also z. B. eine zweite Spirale, rasch genähert wird, so entsteht — das ist das Gesetz der sog. **Induktion** — auch in dieser zweiten Spirale im Moment ihrer Näherung ein galvanischer Strom, und wenn die zweite Spirale von dem spiralförmigen Schließungsbogen des galvanischen Elements rasch entfernt wird, so entsteht wiederum in der zweiten Spirale ein galvanischer Strom. Man nennt den spiralförmigen Schließungsbogen des Elements **primäre Spirale** (PS in Fig. 10), den zweiten spiralförmigen metallischen Leiter **sekundäre Spirale** (SS in Fig. 10). Der Strom, der auf diese Weise in der sekundären Spirale entsteht, ist bei der raschen Näherung dem primären galvanischen Strom entgegengesetzt gerichtet, bei der raschen Entfernung ihm gleich gerichtet. Man nennt ihn **induzierten, faradischen oder sekundären Strom.**

Fig. 10.



PS = primäre Spirale, SS = sekundäre Spirale, Ö = Stelle der Unterbrechung, C = gedachter Rotationspunkt, K = menschl. Körper.

Die rasche Näherung der sekundären an die primäre Spirale und die rasche Entfernung von ihr kann dadurch erzielt werden, daß man die sekundäre Spirale um einen etwa bei C gedachten Punkt rotieren läßt; oder aber — und das ist bei allen medizinischen Induktionsapparaten der Fall — man läßt die sekundäre Rolle feststehen, läßt aber an irgend einer Stelle (Ö) im Schließungsbogen der **primären** Spirale eine Unterbrechungsvorrichtung anbringen und macht hier fortwährende, rasch aufeinander folgende Schließungen und Öffnungen des primären Stroms. Dann wird das etwa gleichkommen einer abwechselnd fortwährenden raschen Näherung der beiden Spiralen **aus** unendlicher Ferne und raschen Entfernung **in** unendliche Ferne. Je rascher dieses abwechselnde Stromschließen und -öffnen im Schließungsbogen des galvanischen Elements vor sich gehen wird, um so intensiver wird ceteris paribus die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle sein, in

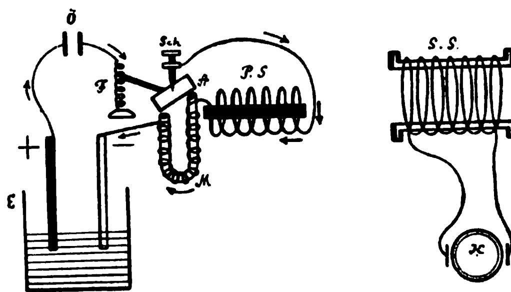
der dann fortwährend abwechselnd zwei Ströme entstehen werden, deren einer immer dem primären entgegengesetzt, deren zweiter ihm immer gleichgerichtet ist.

Das rasche, in der Zeiteinheit sehr oft wiederholte Schließen und Öffnen des primären Stroms wird an unseren Induktionsapparaten durch den Wagner-Neefschen Hammer (Fig. 11) hervorgerufen.

Über seine Verwertung und die Konstruktion des Induktionsapparates überhaupt sei folgendes bemerkt: Von einem oder zwei unter dem Apparattisch befindlichen, gewöhnlichen galvanischen Elementen (E in Fig. 11) wird ein metallischer Schließungsbogen (umsponnener starker Kupferdraht) auf die Tischplatte geleitet und dort spiralig in wenigen Windungen um einen Holzzylinder (primäre Spirale PS) gewickelt. In einer — an größeren Apparaten durch Verschiebung mittels einer Zahnradvorrichtung und einer stehenden Schraube — regulierbaren Entfernung von dieser primären Spirale befindet sich ein zweiter, mit feinerem Draht in vielen Windungen umwickelter Zylinder, der von größerem Querschnitt als der erste und röhrenförmig ausgehöhlt ist, so daß er über die primäre Rolle hinübergeschoben werden kann (sekundäre Spirale SS).

Nun befindet sich ferner an der primären Rolle (also im Schließungsbogen des Elements) ein Eisenstück (M), das vom Drahte des Schließungsbogens mit umwickelt wird. Über diesem Eisenstück schwebt eine Metallplatte (Anker A), die durch eine an der primären Spirale stehende Feder (F) in dieser schwebenden Lage erhalten wird. — Wenn jetzt bei einer (in der Fig. 5 Seite 5) auf dem Klötzchen bei J befindlichen Öffnung (in Fig. 11 Ö) auf der Tischplatte gestöpselt wird, so entsteht zunächst in dem bis dahin offenen Schließungsbogen (also in der primären Rolle) ein galvanischer Strom. Durch dieses Entstehen des Stromes wird aber gleichzeitig jenes mitumwickelte Eisenstück (M) magnetisch und zieht kräftig die über ihm schwebende Metallplatte (Anker A) an. Dabei löst die Platte jedoch zu gleicher Zeit ihre Verbindung mit einer über ihr stehenden kleinen Schraube (Sch): durch die Lösung dieser Verbindung zwischen Schraube und Platte wird der Stromkreis unterbrochen; und ist das geschehen, so verliert das Eisenstück dadurch seine magnetische Kraft, und die Feder zieht durch ihre Federkraft die Metallplatte A an ihre Seite hernieder und vom früher magnetischen Eisenstück fort. Dadurch kommt die Platte aber wieder mit der Schraube in Berührung, der Stromkreis ist wieder geschlossen, das Eisenstück wird wieder magnetisch usw. —

Fig. 11.



Schema des Induktionsapparats.
E = Element, Ö = Öffnung im primären Stromkreise zum Stöpseln, F = Feder, Sch = Schraube, A = Anker, M = magnetisches Eisenstück des Hammers, PS = primäre Spirale, SS = sekundäre Spirale, K = menschl. Körper.

Dieses Spiel des Hammers, das außerordentlich rasch, vielmals innerhalb einer Sekunde, vor sich geht und das bekannte „klappernde“ Geräusch des faradischen Apparats hervorruft, sobald man durch Stöpselung auf dem Klötzchen (s. Fig. 5, bei J) den Strom schließt, bewirkt also vielmals in der Sekunde ein abwechselndes Entstehen zweier entgegengesetzt gerichteter

Ströme in der sekundären Rolle (Wechselströme), die von dieser aus abgeleitet und dem menschlichen Körper zugeführt werden können.*)

An allen Apparaten ist, wie gesagt, die sekundäre Rolle (die also eine Röhrenform hat), über die zylindrische primäre Rolle verschieblich, hinüberstülpbar**): je weiter sie von der primären entfernt steht, um so geringer ist die Induktionswirkung; letztere wird am größten sein, wenn die sekundäre Rolle die primäre völlig umhüllt, wenn also der „Rollenabstand“ (**RA**) — an einer auf dem Tisch angebrachten Zentimeter-Skala ablesbar — gleich 0 ist.***)

Dadurch, daß die Ströme in der sekundären Spirale fortwährend und in der Zeiteinheit sehr oft ihre Richtung wechseln, wechseln natürlich auch die Pole fortwährend ihre Lage: was im ersten Bruchteil einer Sekunde Anode ist, wird im nächsten schon wieder Kathode. Man kann demnach eigentlich von einer faradischen Anode und Kathode, wie man sie beim konstanten Strom unterscheidet, nicht sprechen und braucht sie tatsächlich in der therapeutischen Praxis gewöhnlich ohne Unterschied.****)

---

*) Ein kleiner, von E. Remak angegebener „Apparat zur Erzielung von Induktions-Einzelschlägen“ ermöglicht „einen Stromschluß des induzierenden Stroms nur mittels der primären Spirale, bei welchem der Wagnersche Hammer überhaupt nicht in Anspruch genommen wird“.

**) Ein in die primäre Spirale eingesteckter „Eisenkern“, der durch den primären Strom magnetisch wird, dient dazu, diesen primären Strom und darum auch dessen Induktionswirkung auf den sekundären zu verstärken: wenn er herausgezogen wird, ist sowohl der primäre als auch der induzierte Strom schwächer; je weiter er hineingeschoben wird, umso stärker werden beide Ströme.

***) Was wir an der Skala ablesen, ist — wie leicht ersichtlich — nicht die Stromstärke J des sekundären Stromes, da wir den Widerstand W ja nicht kennen, und ein absoluter Meßapparat, an dem man J ablesen könnte — wie für den galvanischen Strom am absoluten Galvanometer — hier nicht existiert. — Der Körper- und besonders der Hautwiderstand spielt zwar nachgewiesenermaßen für den faradischen Strom bei weitem keine so große Rolle wie für den galvanischen Strom. Aber selbst für die Berechnung der elektromotorischen Kraft E des Apparats allein wäre es von Nutzen, eine Vorrichtung zu haben, die es ermöglichte, die vorhandene Kraft in einer Einheitszahl, z. B. in Volts, direkt ablesen zu können, um die Resultate an verschiedenen Apparaten oder zu verschiedenen Zeiten an demselben Apparate miteinander vergleichen zu dürfen, was bei der Konstruktionsdifferenz der einzelnen Apparate und der Verschiedenheit im Füllungszustande ohne eine solche Vorrichtung nicht angängig ist. Nach diesem Prinzip sind die sog. Faradimeter konstruiert; sie haben sich aber ebensowenig eingebürgert, wie es voraussichtlich dem nach tierphysiologischer Wirkung geaichten Apparate Wertheim-Salomonsons glücken dürfte. Vielleicht gelingt es einem kürzlich von Hoorweg erfundenen Apparat, der (ebenso wie beim galvanischen Strom) ein Ablesen der Stromintensität durch Ablenkung einer Magnetnadel ermöglichen soll. Besondere Beachtung verdient wegen ihrer Einfachheit die Methode Kurellas, der durch einen Rheostaten den primären Strom reguliert und dessen Intensität an einem Galvanometer abliest: durch permanentes Balanzieren der Stärke dieses primären Stromes ist auch dessen Wirkung auf die sekundäre Spirale immer konstant, und dann kann der Rollenabstand bei feststehender Primärstrom-Intensität in der Tat als absolutes Maß angesehen werden.

****) De facto besteht aber doch ein Unterschied auch zwischen den faradischen Polen und zwar aus folgendem Grunde:

Der Stromwechsler.

An allen stationären und an einzelnen transportablen Apparaten befindet sich noch eine Vorrichtung, zu deren Erklärung wenige Worte hinreichen: es ist der nach de Wattevilles Angabe konstruierte Stromwechsler (S in Fig. 5).

Es ist für Untersuchungszwecke sehr wünschenswert, daß man von demselben Polklemmenpaar, von dem man den galvanischen Strom durch die Leitungsschnüre und die Elektroden in den Körper führt, auch den faradischen Strom (auf demselben Wege) in den Körper führen kann.

Das kann man mit Hilfe des Stromwechslers tun, wenn man seine Kurbel, die gewöhnlich auf dem Kontakt C (konstanter Strom) stehen soll, auf S (sekundärer Strom) verschiebt. Wenn man jetzt

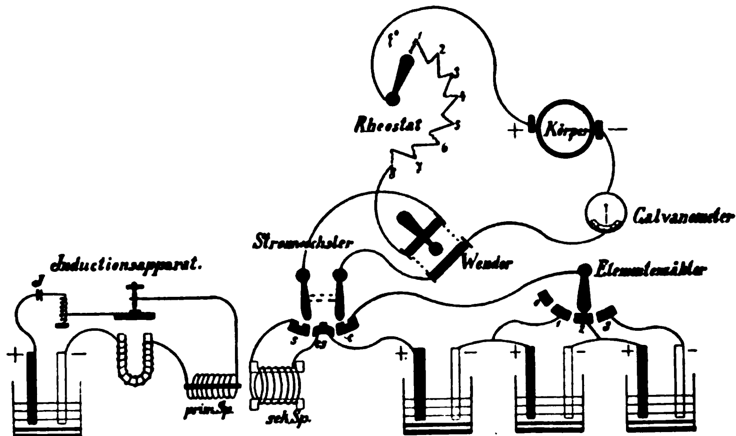
---

Ebenso nämlich, wie die primäre Spirale auf die sekundäre eine Induktionswirkung ausübt, üben auch die einzelnen Windungen der primären Spirale aufeinander selbst eine Art Induktionswirkung aus (Selbstinduktion); es entsteht demnach in der primären Spirale selbst bei jeder der momentanen, durch den Wagnerschen Hammer herbeigeführten Schließungen und Öffnungen jedesmal ein Strom, Extrakurrent genannt. Und wie bei dem Strom der sekundären Rolle, so ist auch bei diesem Extrastrom der primären Rolle die Stromrichtung bei jeder momentanen Schließung der des primären Stroms entgegengesetzt, bei jeder momentanen Öffnung der des primären Stromes gleich. Bei jeder momentanen Schließung entstehen also in der primären Rolle immer zwei Ströme — 1) der primäre, 2) der Extrakurrent — gleichzeitig, die einander entgegengesetzt gerichtet sind; durch die entgegengesetzte Richtung aber verzögert und schwächt der Extrastrom den primären, und darum ist auch bei der momentanen Schließung die Induktionswirkung der primären Rolle auf die sekundäre und demgemäß auch der sekundäre Strom selbst verhältnismäßig schwach. Bei der momentanen Öffnung hingegen verschwindet zwar durch die Öffnung jedesmal der primäre Strom; es entsteht aber in dieser Phase ein kräftiger, durch nichts in der Kraftentfaltung gehinderter Extrakurrent, der dieselbe Richtung hat, wie der verschwindende primäre und der durch dessen Verschwinden erzeugte sekundäre Strom: darum wird auch bei jeder momentanen Öffnung die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle sowie der sekundäre faradische Strom selbst sehr kräftig sein. Wenn diese Kraftunterschiede zwischen dem Öffnungs- und Schließungsstrom groß genug sind — und das ist gewöhnlich der Fall —, so können wir für praktische Zwecke den schwachen Schließungsstrom gänzlich ignorieren und uns den induzierten Strom gewissermaßen als aus einer Serie von Öffnungsströmen zusammengesetzt denken. Und diese Öffnungsströme haben, wie wir eben gesehen, alle eine Richtung — nämlich dieselbe wie der primäre Strom —; und darum können wir, wenn wir diese Annahme einer einzigen Stromrichtung festhalten, dann gleichsam auch wieder eine Anode und Kathode des faradischen Stromes unterscheiden; wir meinen damit die Anode und Kathode, wie sie liegen würden, wenn der faradische Strom tatsächlich nichts als eine Serie lückenloser Öffnungsströme wäre. Wir werden später sehen, daß diese Unterschiede zwischen den faradischen Polen praktisch sich gelegentlich erheblich bemerkbar machen.

An den meisten Apparaten kann man übrigens auch den Extrakurrent — oder „primären Induktionsstrom", wie er auch heißt — direkt ableiten; da er gewissermaßen immer einen Teil seiner Kraft an die sekundäre Rolle abgeben muß, so wird er am stärksten sein, je mehr Kraft er sparen kann, d. h. je weiter die sekundäre Rolle von der primären entfernt wird, und am schwächsten, wenn sie ihr bis zum Extrem genähert, also der Rollenabstand gleich 0 ist. Man verstärkt ihn demnach durch Entfernen der sekundären Rolle oder — besser und exakter — durch Einschieben des vorher herausgezogenen Eisenkerns (s. S. 14, zweite Fußnote).

durch Stöpselung auf dem Klötzchen bei J (in Fig. 5 und 12) den Stromkreis des primären faradischen Stromes schließt, so kann man von denselben Polklemmen, die vorher den konstanten Strom leiteten, jetzt den induzierten Strom ableiten, vorausgesetzt freilich, daß der Rheostat nicht auf 0 steht: denn sonst trifft den Körper kein Strom. Man kann also, wenn man die Stärke des faradischen Stroms bei dieser Stellung des Stromwechslers abstufen will, in zweifacher Weise verfahren: entweder man stellt einen beliebig großen RA her und dreht dann, wie beim galvanischen Strom, die Rheostatenkurbel allmählich in der Uhrzeigerrichtung herum, wobei immer mehr und mehr Strom durch den Körper gehen wird; oder — und das ist das bequemste — man schaltet den Rheostaten durch völliges Umdrehen seiner Kurbel gänzlich aus, so daß jetzt sogleich der gesamte Strom des faradischen Apparats den Körper treffen kann, und reguliert die Stärke dieses Stroms durch Verschiebung der sekundären Rolle über die primäre:

Fig. 12.



Schema des Stromverlaufs in dem früher (Fig. 4 und 5, S. 4 und 5) **abgebildeten stationären Apparat für konstanten und induzierten Strom.**

Rechts in der Figur der galvanische, links der Induktionsapparat. Beide Apparate enthalten die Teile, die in früheren Figuren (Fig. 9 u. 11) schon schematisch dargestellt sind, der galvanische in etwas veränderter Anordnung. In der Mitte der Figur der de Wattevillesche Stromwechsler.

Man sieht, wie durch Schieben der Wechslerkurbel auf C der galvanische Strom. durch Schieben auf S der Strom der sekundären Spirale, durch Schieben auf CS beide gleichzeitig durch den Körper geleitet werden können.

Man sieht auch, daß beide Ströme — sowohl der konstante als der sekundäre —, ehe sie zum Körper gelangen, den Stromwender und den Rheostaten passieren müssen.

Bei J denke man sich ein Klötzchen mit einem Stöpsel (vgl. Fig. 5 u. 11). Durch Einführung des letzteren wird der primäre Strom geschlossen und der Neefsche Hammer in Tätigkeit gesetzt.

die jedesmal benutzte Stärke des faradischen Stroms liest man dann an der graduierten Skala, wie erwähnt, in Zentimetern oder Millimetern RA ab. Man muß also, wenn man mittels des Stromwechslers von dem Polklemmenpaar des galvanischen Apparats den faradischen Strom ableiten will, folgende Handgriffe vornehmen: 1) Drehen der Wechslerkurbel von C auf S, 2) Ausschalten des (Hauptschluß-) Rheostaten (durch Drehen der Kurbel bis zum letzten

Kontakt), 3) Stöpseln auf dem Klötzchen und Regulieren der Stromstärke durch Rollenverschiebung.

Der Kontakt CS des Wechslers ermöglicht gleichzeitige Ableitung des faradischen und galvanischen (kombinierten) Stroms von demselben Polklemmenpaar. Näheres darüber bei der Besprechung der Therapie. Vgl. auch Fig. 44.

Die Dichtigkeit.

Wir müssen noch einmal auf das Ohmsche Gesetz zurückkommen: $J = \frac{E}{W}$. Die Stromstärke des galvanischen Stroms im Körper müssen wir jedesmal feststellen können; und das tun wir, indem wir sie direkt an dem Galvanometer ablesen. — Aber es kommt für unsere diagnostischen und therapeutischen Zwecke tatsächlich nicht sowohl darauf an, die Stärke des Stromes zu kennen, die im Körper vorhanden ist; wir wollen vielmehr vor allem wissen: wie groß ist die Wirkung, die der Strom im konkreten Falle an einer bestimmten Stelle des Körpers ausübt, d. h. in der Diagnostik vorwiegend die Reizwirkung auf den erregbarsten Punkt eines Muskels — oder (bei der Therapie) die Heilwirkung, z. B. die erregbarkeitsherabsetzende Wirkung auf einen Schmerzpunkt u. dergl. — Diese Wirkung hängt aber offenbar nicht von der Stromstärke allein ab, sondern von der Konzentration, von der Dichtigkeit, mit der ein Strom bestimmter Stärke den betreffenden Punkt trifft. Denken wir uns beispielsweise einen Strom von einer bestimmten Stärke, 3 MA, durch den Körper in der Weise gehend, daß er zwei plattenförmige Elektroden von 100 qcm Querschnitt passiert: die eine dieser Elektroden möge auf dem Sternum sitzen und die andere z. B. auf dem Daumenballen einer Hand, deren Muskeln wir untersuchen wollen. Nun hat der galvanische Strom bekanntlich die Neigung, in guten Elektrizitätsleitern sich auszubreiten: wir können ihn uns aus parallellaufenden Stromfäden zusammengesetzt denken. Diese Fäden liegen im metallischen Schließungsbogen des Elements oder der Batterie sehr dicht gepreßt neben einander. In der breiten Elektrode, in der sie gleichsam Platz bekommen, breiten sie sich nach allen Richtungen hin aus. Da nun die Elektrodenfläche von 100 qcm viel größer ist als die Fläche des Daumenballens, so wird von jenen — hypothetischen — Stromfäden nur ein (mehr oder weniger großer) Bruchteil den erregbarsten Punkt des betreffenden Daumenballenmuskels erreichen. Anders, wenn ich zwar die große Platte auf dem Sternum sitzen lasse, aber eine ganz kleinflächige Elektrode, also z. B. eine von 3 qcm Querschnitt, auf den Daumenballen setze: dann treffen die Stromfäden sämtlich oder doch fast sämtlich den erregbarsten Muskelpunkt. Der Effekt, den ein solcher, gleichsam konzentrierter, Strom im letztgedachten Falle auf den Muskel ausübt, wird natürlich ungleich größer sein als der Effekt bei Anwendung der großen Platte im ersten Beispiel, trotzdem beide Male die Stromstärke dieselbe war, 3 MA. Von der Dichtigkeit also, nicht von der Stromstärke allein, ist die Wirkung eines Stromes abhängig, sowohl die Reizwirkung auf

einen Muskel oder Nerven als jede andere Wirkung. Diese Dichtigkeit D wird nun zwar um so größer sein, je größer ceteris paribus die Stromstärke J ist; sie wird aber, wie wir eben sahen, noch von einem zweiten Faktor abhängen, nämlich von der Größe des Querschnitts des Schließungsbogens bezw. des Elektroden-Querschnitts Q: sie wird um so kleiner sein, je größer dieser Querschnitt ist, und umgekehrt.

$D = \frac{J}{Q}$, die Dichtigkeit ist gleich der Stromintensität dividiert durch den Querschnitt.

Da die Dichtigkeit für uns, wie gesagt, der Ausdruck der Wirkung des Stromes ist, so müssen wir sie in jedem Falle kennen und berechnen. Diese Berechnung ist sehr einfach, da wir J direkt am Galvanometer, und Q, ausgedrückt in qcm, am Halse jeder Elektrode ohne weiteres ablesen können.

---

2. Kapitel.

Das Zuckungsgesetz und andere physiologische Vorbemerkungen.

Die physiologischen Tatsachen, die zunächst zu besprechen sind, beziehen sich auf den galvanischen Strom allein:

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit (s. oben) auf einen Muskel trifft, so wirkt er als Reiz auf diesen Muskel: der Muskel kontrahiert sich — direkte Muskelreizung. —

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit auf einen motorischen Nerven trifft, so wirkt er auch dort als Reiz: die von diesem Nerven versorgten Muskeln kontrahieren sich — indirekte Muskelreizung. —

Diese Kontraktion des Muskels oder der Muskeln erfolgt im allgemeinen*) nicht während der ganzen Dauer der Durchströmung des Muskels oder Nerven; sie tritt vielmehr nur ein,

1) wenn der Strom eingeleitet wird (Stromschließung),
2) wenn der Strom wieder ausgeleitet wird (Stromöffnung),
3) wenn der Strom rasch verstärkt und
4) wenn er rasch abgeschwächt wird; schließlich
5) wenn rasch die Stromrichtung geändert wird (Stromwendung).

Das Duboissche Gesetz.

Mit einem Worte: Die Reizung des Muskels oder Nerven erfolgt nur bei Stromschwankungen. Das hat Dubois-Reymond in dem (nach ihm benannten) Gesetz ausgesprochen:

Nicht der absolute Wert der Stromdichtigkeit in einem gegebenen Moment wirkt erregend auf Muskel und motorischen Nerv, sondern nur die Schwankungen der Dichtigkeit. Je größer und je rascher sie sind, um so größer ist ihre Reizwirkung; am größten ist sie im allgemeinen bei Schließung und Öffnung des Stromes.

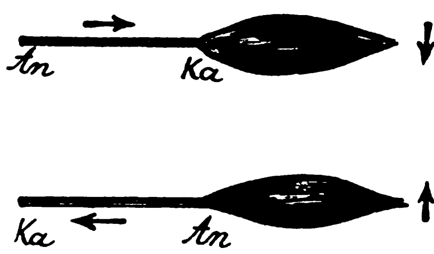
*) Ausnahme s. weiter unten, S. 23 und 24.

Tierexperimente haben dann weiterhin gezeigt, daß die verschiedenen Stromschwankungen nicht in gleicher Weise wirken, daß also z. B. die Schließung des Stromes nicht den gleichen Effekt hat wie die Öffnung; sie haben zweitens gezeigt, daß schwachen Strömen nicht dieselbe Wirkung zukommt wie starken; und drittens, daß es von Wichtigkeit und für die Reizwirkung von großer Differenz ist, in welcher Richtung der Strom den motorischen Nerven durchfließt und den Muskel trifft. Pflüger hat Untersuchungen an Tieren darüber angestellt und diese Untersuchungen in dem (nach ihm genannten) Zuckungsgesetz zusammengestellt.

Das Pflügersche Zuckungsgesetz.

Trotzdem dieses Gesetz zunächst nur für das Tierexperiment absolute Gültigkeit hat und auf die Verhältnisse beim Menschen nicht ohne weiteres übertragen werden kann, so soll es doch hier erörtert werden, erstens, weil die menschlichen Zuckungsverhältnisse dadurch leichter verständlich werden, und zweitens, weil auf die von Pflüger und den späteren physiologischen Forschern gefundenen Resultate bei der Elektrotherapie zurückgegriffen werden muß.

Fig. 13.



Pflüger untersuchte am freigelegten N. ischiadicus und dem zugehörigen M. gastrocnemius, indem er die beiden Elektroden einer galvanischen Batterie an die beiden Enden des Nerven setzte, und zwar in zwei verschiedenen Anordnungen: 1) Die Anode (An) wird an das zentrale Nervenende gesetzt, die Kathode (Ka) an das peripherische: der Strom fließt also von An zu Ka in der Richtung des Innervationsstromes: absteigender Strom (↓). 2) Die Anordnung umgekehrt: An am peripherischen, Ka am zentralen Nervenende: der Strom fließt also — von An zu Ka — entgegengesetzt dem Innervationsstrome: aufsteigender Strom (↑). — Bei jeder dieser beiden Stromrichtungen wurde geprüft: wie wirken Schließungen (S) und wie wirken Öffnungen (Ö) des Stromes? — Und da sich weiter fand, daß je nach der Stromstärke die Wirkung des Stromes verschieden ist, wurden alle die erwähnten Momente bei drei Graden von Stromstärken geprüft: Stromstärke I (schwache), Stromstärke II (mittelstarke) und Stromstärke III (starke Ströme). — Pflüger legte also bei seinen Untersuchungen auf folgende drei Faktoren Wert: 1) auf die Stromrichtung, 2) auf die Art der Stromschwankung (Schließung oder Öffnung), 3) auf die Stromstärke.

In Formeln und Worten ausgedrückt, wobei immer + = „Zuckung“, 0 = „keine Zuckung“ bedeutet, lautet nun das von Pflüger auf Grund seiner Experimente gefundene Gesetz:

		↓	↑	
I.	S.	+	+	bei schwachen Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung nur bei Schließung eine Zuckung ein.
	Ö.	0	0	
II.	S.	+	+	bei mittelstarken Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung bei Schließung und bei Öffnung eine Zuckung ein.
	Ö.	+	+	
III.	S.	+	0	bei starken Strömen tritt bei absteigender Stromrichtung nur bei Schließung,*) bei aufsteigender nur bei Öffnung eine Zuckung ein.
	Ö.	0	+	

*) Mitunter, aber in sehr geringer Stärke, auch bei Öffnung.

Die Erklärung für diese Befunde ergab sich nach späteren Untersuchungen, die bis in die allerjüngste Zeit hineinreichen, in folgender Weise:

1) Während ein galvanischer Strom einen Nerven durchfließt, tritt eine innere Zustandsveränderung des Nerven ein. Nach Bethes ausgezeichneten Forschungen, denen sich die folgende Darstellung anschließt, handelt es sich dabei wahrscheinlich um chemisch-physikalische, in erster Reihe aber chemische, Vorgänge: das leitende Element in jedem lebenden Nerven ist nach ihm eine an die feinsten Bestandteile des Nerven, die Neurofibrillen des Achsenzylinders, chemisch gebundene Substanz, die Fibrillensäure. Diese im ruhenden Nerven gleichmäßig verteilte Säure löst während der galvanischen Durchströmung des Nerven infolge chemischer Affinitäten ihre Verbindung mit den Fibrillen in der Weise, daß sie von der Anode fort- und zur Kathode hinwandert. Mit ihr aber wandert gleichsam, da sie der Träger der Nervenerregbarkeit ist, auch die Erregbarkeit des Nerven derart, daß sich am durchströmten Nerven in der Umgebung der Ka ein Zustand erhöhter, in der Nähe der An ein Zustand herabgesetzter Erregbarkeit einstellt. Man nennt diese Veränderung der Erregbarkeit, die übrigens schon seit Pflügers Untersuchungen bekannt ist, Elektrotonus, und zwar die erhöhte Erregbarkeit an der Ka Katelektrotonus, die herabgesetzte an der An Anelektrotonus. — Je stärker der einwirkende Strom ist, um so stärker werden die chemischen Affinitäts- und dementsprechend auch die Erregbarkeitsdifferenzen. Sie dauern die ganze Zeit an, während welcher der Nerv vom Strom durchflossen wird.

Der Elektrotonus.

2) Das Einsetzen der Strömung der Fibrillensäure im Momente der Stromschließung und das damit verbundene plötzliche Auftreten des Katelektrotonus wirkt an der Stelle, wo es entsteht, also an der Ka, als Kontraktionsreiz auf den Nerven resp. auf den zugehörigen Muskel. Daher tritt bei jeder Stromschließung bei ab- und aufsteigenden Strömen aller Stromstärken (die Ausnahme für aufsteigende Ströme der Stärke III wird bald erklärt werden) eine Zuckung ein.

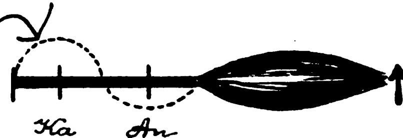
3) Bei jeder Stromöffnung findet vor der Rückkehr zum Ruhezustande ein momentanes Zurückströmen der Fibrillensäure zur Anode und damit eine plötzliche Umkehr der elektrotonischen (Erregbarkeits-) Verhältnisse — negative Modifikation — im Nerven statt, d. h. es verschwindet bei jeder Öffnung an der An der Anelektrotonus, und es bildet sich dort ganz vorübergehend ein Zustand erhöhter Erregbarkeit, an der Ka dagegen ein vorübergehender Zustand herabgesetzter Erregbarkeit. — Dieses Verschwinden des Anelektrotonus und die negative Modifikation wirken ebenfalls als Kontraktionsreiz, aber lange nicht so stark wie das Entstehen des Katelektrotonus: Bei schwachen Strömen (Stärke I) reicht die Stärke dieses Phänomens noch nicht hin, um eine Zuckung herbeizuführen; man sieht deshalb bei Stromöffnung der Stärke I keine Zuckung erfolgen; anders bei Stärke II, wo bei jeder Öffnung sowohl bei ab- als bei aufsteigenden Strömen auch der Reiz des verschwindenden und sich umkehrenden Anelektrotonus eine Zuckung herbeiführt.

4) Bei Strömen der Stärke III (starken Strömen) sind die Verhältnisse nur quantitativ von den übrigen verschieden. Es sind nämlich bei starken Strömen die chemischen Affinitätsunterschiede und demgemäß die elektrotonischen Erregbarkeitsdifferenzen so große, daß, während an der Ka infolge Zusammendrängens der Fibrillensäure an diesem Pole eine außerordentlich große Erregbarkeit vorhanden ist, die Erregbarkeit an der An infolge ihrer Entblößung von Fibrillensäure so gut wie erloschen ist: die Stelle an der An wird bei diesen starken Strömen fast gänzlich unerregbar und leitungsunfähig.

Wenn man die Fig. 13 in der Weise modifiziert denkt, daß durch Kurven die elektrotonischen Veränderungen bezeichnet werden und zwar (s. Fig. 14) die erhöhte Erregbarkeit an der Ka durch eine hohe Kurve über der Linie, die herabgesetzte an der An durch eine niedrigere Kurve unter der Linie angedeutet wird, so kann man jetzt die Erkärung für den III. Teil des Pflügerschen Gesetzes ohne weiteres aus der Figur ablesen:

Fig. 14.





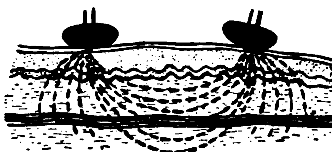
Beim absteigenden Strome tritt bei Schließung Reizwirkung an der Ka auf: kräftige Zuckung; bei Öffnung Reizwirkung an der An; der Reiz muß aber, ehe er zum Muskel gelangt, eine Stelle an der Ka passieren, welche durch die sehr starke negative Modifikation unerregbar geworden ist: sie kann den Reiz nicht leiten, und es kann daher keine Zuckung eintreten. — Umgekehrt ist die Sache, wie leicht aus der Figur hervorgeht, beim aufsteigenden Strome. Daher findet dort bei Schließung keine Zuckung statt, dagegen eine kräftige Zuckung bei Öffnung. —

Das Pflügersche Gesetz kann (wie oben gesagt) auf den Menschen nicht ohne weiteres angewendet werden, und zwar aus mehreren Gründen, von denen einer (nach Erb) hier angeführt werden mag:

Strom-schleifen.

Da beim Menschen die Pole nicht, wie am bloßgelegten Tiernerven, auf den Nerven selbst aufgesetzt werden können, so geht der Strom vom Pol zum Pol nicht durch den Nerven hindurch, sondern zunächst durch die Haut, und der menschliche Nerv wird nur von „Stromschleifen“ (s. Fig. 15) getroffen, die dadurch entstehen, daß im gutleitenden Gewebe des Stratum subcutaneum, event. der zwischenliegenden Muskelschicht usw., der Strom sich auszubreiten sucht; es treffen daher den Nerven an verschiedenen Stellen Ströme verschiedener Richtungen, so daß man von auf- und absteigenden Strömen, wie sie im Pflügerschen Gesetze eine Rolle spielen, nicht mehr reden kann.

Fig. 15.



Schematischer Schnitt durch die Haut: ein darunter liegender Nerv wird von Stromschleifen getroffen, die zwischen den beiden aufsitzenden Elektroden verlaufen.

Während aus diesem und noch anderen — füglich unerwähnt zu lassenden — Gründen (s. übrigens p. 71 im Kapitel Entartungsreaktion) eine direkte Anwendung des Tiergesetzes auf den Menschen nicht angängig ist, so ist doch auch beim menschlichen Nerven und Muskel in ihrer Reaktion auf den galvanischen Strom eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorhanden, und zwar ist wiederum bei Schließung die Wirkung eine andere wie bei Öffnung und wiederum bei verschiedenen Stromstärken die Wirkung verschieden.

Das menschliche Zuckungsgesetz.

Zu diesen beiden Faktoren — nämlich 1) Art der Stromschwankung (Schließung oder Öffnung), 2) Stromstärke — kommt aber (während die Stromrichtung, wie gesagt, für den Menschen nicht in Frage kommt) als dritter Faktor einer hinzu, der sich aus dem Pflügerschen Gesetze als bedeutsam ergeben hat, nämlich 3) die verschiedene Wirkung der Pole.

Um zu sehen, wie ein bestimmter Pol, An oder Ka, auf einen Nerven oder Muskel wirkt, ist es notwendig, eine ganz bestimmte, eigenartige Anordnung der Untersuchung zu treffen.

Es leuchtet nämlich a priori ein, daß es theoretisch unmöglich ist, nur einen Pol eines galvanischen Stroms auf einen Muskel oder Nerven wirken zu lassen: bei jeder Anordnung wird auch der (noch so entfernte) andere Pol immerhin einen, wenn auch schwachen, Effekt erzielen. Die zu erwähnende eigenartige Anordnung ist also in ihrer Bedeutung nur cum grano salis zu verstehen und die mit ihr erzielten Resultate nur als für praktische Zwecke hinreichend genau anzusehen.

Sie besteht darin, daß man die beiden Elektroden von sehr verschiedenem Querschnitt wählt, z. B. die eine von 100 qcm, die andere von 3 qcm. Dann wird die Dichtigkeit an der kleinen Elektrode und damit auch die Reizwirkung an der kleinen Elektrode sehr groß sein, die Dichtigkeit und Reizwirkung an der großen Platte aber so klein, daß sie praktisch ganz außer Acht gelassen werden können. Ganz besonders wird das dann der Fall sein, wenn die kleine Elektrode direkt über den zu untersuchenden Muskel, z. B. die obere Portion des M. cucullaris, aufgesetzt, die große Platte aber an eine entfernte Stelle, z. B. aufs Sternum, gebracht wird. Man nennt darum bei solcher Anordnung die große Platte, weil ihre Reizwirkung auf den betreffenden Muskel praktisch bedeutungslos ist, indifferente, die kleine, über den Muskel selbst gesetzte, aber differente oder Reizelektrode.

Wenn man eine solche Anordnung der Elektroden trifft, also die kleine Elektrode über irgend einen Muskel oder motorischen Nerven setzt, und — am bequemsten mittels des Stromwenders — diese Reizelektrode bald zur Ka, bald zur An macht, so kann man diesen Muskel gewissermaßen nur mit einem Pole (monopolar) untersuchen: man kann dann die Wirkung des galvanischen Stroms am positiven und am negativen Pol getrennt prüfen.

Um den Effekt verschiedener Stromstärken zu prüfen, wird man die Stromstärke am galvanischen Apparat mittels des Elementenzählers und des Rheostaten leicht regulieren (und am Galvanometer ablesen) können.

Was schließlich die gesonderte Wirkung von Schließung und Öffnung betrifft, so bedienen wir uns, um sie in einfacher Weise feststellen zu können, einer kleinen, an manchen Elektrodengriffen angebrachten, sog. Unterbrechungsvorrichtung. Mit Hilfe dieser Unterbrecherelektrode kann jederzeit Schließung und Öffnung bei festsitzender Elektrode durch einen einfachen Fingerdruck erzielt werden.

Die Mayersche Unterbrecherelektrode (s. Fig. 16) trägt zwischen der Leitungsschraube und der Elektrodenfläche ein nichtleitendes Hartgummi-

stück. An der Seite der Elektrode befindet sich ein Metallhebel, der durch Druck auf eine kleine Feder gehoben wird und durch Nachlassen des Drucks niederfällt: Drückt man mit dem Daumen die Feder hernieder und hebt damit den Metallhebel, so kann durch das nichtleitende Gummistück kein Strom zur Elektrodenfläche gelangen: der Stromkreis ist offen. Wird der Daumen von der Feder entfernt, so tritt der Hebel zwischen Gummiplatte und Elektrodenfläche mit dem Elektrodenhals in Berührung, und nun kann der Strom mit Umgehung der Gummiplatte durch den Metallhebel zur Elektrodenfläche gelangen: der Strom ist geschlossen. So kann man, ohne die Elektrode von dem Punkt, auf dem sie sitzt, entfernen zu müssen, durch Daumendruck und Nachlassen des Druckes Stromschließungen und -öffnungen ausführen.*)

Fig. 16.



Man setze also, um das menschliche, polare Zuckungsgesetz zu prüfen, eine große, befeuchtete Elektrodenplatte aufs Sternum, eine kleine, 3 qcm Querschnitt habende, ebenfalls befeuchtete, mit Unterbrecher versehene Elektrode fest auf irgend einen motorischen Nerven oder Muskel des Körpers, z. B. auf die obere Portion des M. cucullaris, schalte eine beliebige Anzahl (20, 30 oder dgl.) galvanischer Elemente ein und führe, indem man mittels des Rheostaten den galvanischen Strom allmählich verstärkt, mit dem Unterbrecher abwechselnd Schließung und Öffnung aus, so wird man folgendes bemerken, was (in einer der Pflügerschen Formel analogen Weise ausgedrückt) in der nachstehenden Tabelle dargestellt sein mag:

		An	Ka
I.	S.	—	z
	Ö.	—	—
II.	S.	z	Z
	Ö.	z	—
III.	S.	Z	Te
	Ö.	Z	z

Bei schwachen Strömen tritt nur dann eine Muskelzuckung ein, wenn die Reizelektrode die Kathode ist, und nur im Moment der Schließung. Während der Dauer der Durchströmung ist eine Kontraktion nicht wahrzunehmen. Auch bei der Öffnung nicht; ebensowenig, wenn die Reizelektrode die An ist. Man drückt das kurz mit den Worten aus: Bei schwachen Strömen besteht nur eine kleine Kathoden-Schließungs-Zuckung (Ka Sz).

Bei stärkeren, etwa mittelstarken Strömen wird die Kontraktion bei Schließung mit negativer Reizelektrode, die Ka SZ, größer; aber jetzt treten auch schon Zuckungen auf, wenn die Anode Reizelektrode ist, und zwar sowohl bei Schließung als auch bei Öffnung: bei mittelstarken Strömen tritt außer Ka SZ auch Anodenschließungszuckung (An Sz) und Anodenöffnungszuckung (An Oz) auf. Dagegen sieht man bei Öffnung mit der Ka als Reizelektrode noch keine Kontraktion.)**

Erst bei starken Strömen, bei denen die An SZ und An OZ schon sehr groß geworden sind und bei Ka S eine sehr kräftige Zuckung eintritt, die sich tetanisch während eines Teils oder der ganzen Dauer des Stromschlusses erhält, Kathodenschließungstetanus (Ka S Te) — NB. eine Ausnahme vom Duboisschen Gesetz — erst bei solcher Stromstärke also kann man oft eine kleine Kathodenöffnungszuckung (Ka Oz) nachweisen.

---

*) Man kann nb. auch mittels des Stromwenders (s. S. 12) den Strom schließen und öffnen, beim faradischen auch (aber schlecht) durch Abheben und Aufsetzen der Elektrode.

**) In den meisten Muskeln und motorischen Nerven tritt An SZ etwas früher ein als An OZ; in der Minderzahl ist das Verhältnis ein umgekehrtes.

Kurz resumiert würde demnach das menschliche Zuckungsgesetz in den oben angegebenen Abkürzungen lauten:

I. Ka Sz.
II. Ka SZ. An Sz. An Oz.
III. Ka STe. An SZ. An OZ. Ka Oz.

Beim normalen Muskel und Nerven treten also zuerst Zuckungen auf bei Schließung an der Ka, später erst An-Zuckungen und ganz zuletzt die Ka-Öffnungszuckung; oder wie man kurz — indem man Ka Oz als praktisch meistens bedeutungslos vernachlässigt — sagt: die Ka SZ ist in der Norm größer als die An-Zuckungen (scil. bei derselben Stromstärke).*)

Die Form der galvanischen Zuckung.

Wenn so die Reihenfolge, in der bei wechselnder Stromstärke und wechselnden Polen die einzelnen Reizmomente (S und O) in Wirksamkeit treten, durch das Zuckungsgesetz bestimmt ist, so ist noch auf die Form der galvanischen Zuckung zu achten: bei Reizung eines Nerven (indirekter Reizung) mit dem konstanten Strom kontrahiert sich der normale Muskel sehr rasch, „blitzartig“: die Zuckung entsteht im Moment der Schließung oder der Öffnung**) prompt, und unmittelbar darauf klingt sie ebenso prompt wieder ab; der Muskel erschlafft sofort. Dabei ist es gleichgültig, wie lange der Strom geschlossen bleibt. Nur bei sehr starken Strömen tritt, wie aus dem Zuckungsgesetz hervorgeht, bei Ka S eine Art Tetanus ein, d. h. eine Dauerkontraktion, die bei geschlossenem Strome längere Zeit oder während der ganzen Dauer des Stromschlusses bestehen bleibt; bei Strömen gewöhnlicher Stärke bleibt der Muskel unter der dauernden Einwirkung des Stromes schlaff. Dieselbe Form hat die Zuckung bei direkter Reizung der Muskeln.***) Die Raschheit der Zuckung ist ein außerordentlich wichtiges Merkmal für den normalen Ernährungszustand eines Muskels. Später, bei Besprechung der Entartungsreaktion, wird darauf rekurriert werden.

Auf eins aber sei hier gleich aufmerksam gemacht: Es kommen auch in der Grenze des Normalen Schwankungen in bezug auf Zuckungsraschheit vor; je größer oder massiger ein Muskel ist, je mehr er gedehnt oder ge-

---

*) Über physiologische Ausnahmen von dieser Regel s. beim Kapitel Entartungsreaktion p. 71.

**) Hierbei sei beiläufig erwähnt, daß die Zeit zwischen elektrischer Reizung und Reaktion in pathologischen Fällen verschieden lang gefunden wurde. Solche Abweichungen der normalen „Leitungsgeschwindigkeit“ hat Zanietowski mittels seines „Elektroneuramöbometers“ nachgewiesen.

***) Was wir in praxi direkte Muskelreizung nennen, ist de facto eine Reizung des im Muskel befindlichen Nervenästchens, das ihn versorgt, also auch eine indirekte. Nur der Kürze halber soll dieser unrichtige Ausdruck beibehalten werden. Die Muskelsubstanz selbst ist übrigens ebenfalls erregbar: die träge Zuckung bei der Entartungsreaktion entspricht wahrscheinlich einer Substanz-Reizung des durch den Degenerationsprozeß vom Nerven entblößten („entnervten“) Muskels. — Ganz anders als die quergestreifte scheint die glatte Muskulatur auf den galvanischen Strom zu reagieren: die Darmmuskulatur wenigstens spricht zwar auf die An prompt und relativ leicht an, auf die Ka jedoch schwer und nicht mit blitzartiger Zuckung bei der Schließung, sondern mit einer allmählichen, lokalen Retraktion während der Durchströmungsdauer (Laquerrière und Delherm).

spannt ist, resp. je größer das Gelenk ist, das er zu bewegen hat, je mehr überhaupt seine Kontraktion der Schwere entgegenarbeiten muß, um so weniger rasch ist in der Regel die Zuckung. In den kleinen Gesichtsmuskeln z. B. sieht eine normale Zuckung gewöhnlich erheblich blitzartiger aus, als z. B. am M. peroneus longus; und im M. quadriceps femoris wiederum ist die Promptheit der Kontraktion meistens größer, wenn das Bein flach auf einer Unterlage liegt, als wenn es im Knie gebeugt herunterhängt. Bei Kindern in den ersten Lebenswochen ist die physiologische galvanische Zuckung oft geradezu träge. Auffallend langsam ist nach meiner Erfahrung auch häufig die normale Kontraktion in den kleinen Fußmuskeln (M. extensor digitorum communis brevis, auch M. extensor hallucis longus). Es ist notwendig, sich von diesen Differenzen, zu denen übrigens auch noch individuelle Verschiedenheiten kommen, an vielen Personen zu überzeugen, damit man nicht in pathologischen Fällen zu falschen Schlüssen kommt. Vgl. dazu die erste Fußnote auf S. 68.

Die faradische Zuckung.

Beim faradischen Strom gebrauchen wir in praxi die beiden Pole aus dem oben (S. 14) angeführten Grunde gewöhnlich ohne Unterscheidung; von einem polaren Zuckungsgesetz kann darum kaum die Rede sein.

Anm.: Da aber, wie ebenfalls oben (S. 15, Fußnote) auseinandergesetzt, tatsächlich die Summe der Öffnungsschläge des Induktionsstromes für uns in Frage kommt, und wir also de facto doch An und Ka unterscheiden können, so können wir auch an den meisten Muskeln nachweisen, daß sie auf faradische Kathodenreizung bei schwächeren Strömen reagieren als auf An-Reizung. — Vielfach kann man auch sehen, daß bei Muskeln, die in mehreren Schichten übereinander liegen, auf die faradische Ka der Muskel der einen (z. B. der oberen) Schicht, auf die faradische An der der anderen (z. B. der unteren) Schicht antwortet. Man findet das z. B. häufig an der Vorderarm-Streckseite, am M. extensor carpi radialis longus und dem M. supinator brevis. — Oder man sieht oft auch bei ausgedehnteren Muskeln, z. B. beim M. cucullaris, daß bei An-Reizung andere Muskelbündel zucken, als bei Ka-Reizung (dasselbe zeigt sich nb. auch bei galvanischer Reizung) oder daß bei Nervenreizung auf die An andere Muskeln antworten als auf die Ka.

Die faradische Zuckung ist tetanisch, d. h.: wenn man die Reizelektrode auf den Muskel (oder Nerven) setzt und eine Schließung macht, so erfolgt eine kräftige Kontraktion des Muskels, die so lange andauert, als der Strom geschlossen bleibt; im Moment der Öffnung kehrt der Muskel zur Ruhelage zurück.

Da nämlich der sekundäre Induktionsstrom aus einer Summe rasch einander folgender momentaner galvanischer Einzelstromstöße besteht, so antwortet der Muskel auf jeden dieser momentanen Ströme mit einer blitzartigen Zuckung (und zwar ist bei der Raschheit des Entstehens und Verschwindens dieser Ströme, bei der Größe der Stromschwankung und darum außerordentlich großen Reizwirkung auf den Muskel die Muskel-Zuckung sehr kräftig); die einzelnen Stromstöße aber folgen einander so schnell in der Zeiteinheit, daß, ehe die vom ersten hervorgerufene Zuckung abgeklungen ist, schon wieder die nächste beginnt, — so summieren sich die Einzelreize, und die Zuckung erscheint als Tetanus.

Die Minimalkontraktion und die Erregbarkeit.

War bisher die qualitative Seite der galvanischen und faradischen Muskelkontraktion allein Gegenstand der Erörterung gewesen, so drängt sich jetzt die Frage nach dem quantitativen Moment der Zuckung auf: bei welcher Stromstärke tritt die Zuckung eines normalen Muskels ein? Die Stromstärke, bei der die erste, eben sichtbare Zuckung, die

Minimalzuckung sichtbar wird, ist für verschiedene Muskeln und Nerven des Körpers und auch für verschiedene Stellen desselben Muskels oder Nerven verschieden; sie wechselt außerdem bei verschiedenen Individuen und wahrscheinlich auch bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten in der Grenze des Normalen außerordentlich. Das bezieht sich sowohl auf die Minimalzuckung, die vom galvanischen, als auf die, die vom faradischen Strome ausgelöst wird.

Die Minimalzuckung ist für uns im allgemeinen der Maßstab für die elektrische Erregbarkeit eines Nerven oder Muskels.*) Bei je geringerem Strome sie auftritt, um so erregbarer ist ein Muskel oder Nerv; je größere Stromstärken notwendig sind, um eine Minimalkontraktion auszulösen, um so geringer ist die Erregbarkeit des betreffenden Muskels oder Nerven. — Wir messen die zur Erzielung der Minimalkontraktion nötige Stärke des galvanischen Stromes, wie immer, am Galvanometer und lesen sie in MA ab. Die Stärke (oder richtiger die elektromotorische Kraft, s. oben S. 14) des zu ihrer Erzielung nötigen faradischen Stromes wird an der Skala der sekundären Spirale bestimmt und in Millimetern Rollenabstand ausgedrückt.

Anm. Wir müssen uns dabei immer vor Augen halten, daß nur das Maß für den galvanischen Strom ein absolutes, immer und überall vergleichbares ist, daß aber das faradische Maß nur einen relativen, für den gerade benutzten Apparat und für einen gerade vorhandenen Zustand desselben (Füllungszustand der Elemente usw.) gültigen Wert hat (s. S. 14).

Da die Erregbarkeit der Muskeln und Nerven so vielfachem Wechsel unterworfen ist, so läßt sich auch für das, was wir beim Zuckungsgesetz als „schwache“, „mittelstarke“ oder „starke“ Ströme bezeichnet haben, kein allgemein gültiges, bestimmtes Maß angeben: es sind ebenfalls relative Werte, die bei den verschiedenen Muskeln (und Nerven) ganz verschiedenen Stromstärken entsprechen (s. nächstes Kapitel).

Die Art und Weise, in der wir bei den einzelnen zu untersuchenden Muskeln und Nerven im konkreten Falle die Erregbarkeit, d. h. die Minimalzuckung, feststellen, soll im nächsten Kapitel geschildert werden. Hier soll nur soviel gesagt sein: Wenn wir wissen wollen, ob ein Muskel oder Nerv normale Erregbarkeit hat, so haben wir zwei Möglichkeiten, das festzustellen:

1. Wenn es sich nur um Muskeln oder Nerven einer (event. suspekten) Körperhälfte handelt, die wir auf ihre Erregbarkeit prüfen wollen, so haben wir an den symmetrischen Muskeln oder Nerven der gesunden Körperhälfte die Möglichkeit der Vergleichung.

---

*) Nicht immer ist sie das. Trotz normaler Erregbarkeit kann das Auftreten der Minimalzuckung sehr erschwert werden, und zwar sowohl durch physiologische Tieflage eines Nerven oder Muskels (anatomische Variante) oder durch pathologische Überlagerung (Oedeme, Verdickung des Unterhautgewebes usw.). Näheres s. Kap. 4 bei „Herabsetzung der Erregbarkeit“, p. 65.

2. Wenn es sich aber um den Verdacht doppelseitiger Affektion handelt, so müssen wir einen anderen Weg einschlagen, um festzustellen, ob die betreffende Minimalzuckung bei normaler Stromstärke erfolgt oder nicht: nämlich den Vergleich mit anderen Individuen. Diesen Weg hat Stintzing beschritten, indem er an einer großen Reihe Gesunder die Mehrzahl der Körpermuskeln und -nerven auf ihre Erregbarkeit hin untersuchte, aus den erhaltenen Resultaten bezüglich der Stärke der Minimalzuckungen die Durchschnitts- und Mittelmaße nahm und in Tabellen anordnete. Diese Tabellen geben uns also die durchschnittlichen Größen der normalen Erregbarkeitsverhältnisse fast der sämtlichen Körpermuskeln und -nerven, und durch Vergleichung mit diesen Tabellen sind wir bei jedem Erregbarkeitsbefunde, den wir erheben, imstande festzustellen, ob er normal ist oder nicht.*)

Die Stintzingschen Tabellen.

Dieser Satz bedarf allerdings einer dreifachen Einschränkung: 1) nämlich sind die Stintzingschen Werte der faradischen Erregbarkeit nicht ohne weiteres zur Vergleichung heranziehbar, da sie ja in mm RA, also nicht in einem absoluten Maße ausgedrückt und darum zunächst nur für Stintzings Apparat zur Zeit seiner Untersuchungen gültig sind. Wir müßten also jedesmal erst durch eigene Untersuchungen die Tabellenzahlen für unseren Apparat modifizieren; 2) sind die Werte der galvanischen Erregbarkeit zwar absolute und ohne weiteres vergleichbare; aber sie halten sich in sehr weiten Grenzen, (z. B.: N. peroneus, galvanische Erregbarkeit 0,2—2,0 MA); daher wäre es, wenn man z. B. bei einem Menschen findet, daß der N. peroneus beiderseits bei 1,75 MA reagiert, möglich, daß dies ebensogut in der Grenze des Normalen liegen, als andererseits einer bedeutenden Herabsetzung der Erregbarkeit entsprechen könnte, wenn z. B. der betreffende Peroneus früher seine Minimalzuckung bei 0,2 MA gehabt hätte; 3) gehen die bei Kindern in den ersten Lebenswochen gefundenen Werte für beide Ströme gewöhnlich über die Stintzingschen Maximalwerte erheblich hinaus (C. Westphal, A. Westphal). — Die Stintzingschen Tabellen sind also — um das Gesagte zusammenzufassen — verwendbar 1) für den galvanischen Strom bei stärkeren Veränderungen der Erregbarkeit (bei schwächeren nur mit großer Vorsicht), 2) für den faradischen Strom nur nach Umrechnung der Stintzingschen Werte in Werte des eigenen faradischen Apparats, 3) nur für Erwachsene oder für Kinder nach den ersten Lebensmonaten.

*) Ein drittes Verfahren ist früher von Erb eingeschlagen worden: er wollte in zweifelhaften Fällen doppelseitiger Läsionen den verdächtigen Nerven mit anderen Nerven desselben Individuums vergleichen, da er gefunden hatte, daß bei derselben Person die verschiedenen Nerven in bezug auf ihre Erregbarkeit ein gewisses konstantes Verhältnis zeigen (seine Angaben bezogen sich vorwiegend auf den Ramus frontalis des N. facialis, den N. accessorius, ulnaris und peroneus). Der Nerv, dessen Erregbarkeit eine Verschiebung dieses gegenseitigen Erregbarkeitsverhältnisses verursachte, war als krank zu betrachten. — Es liegt auf der Hand, daß sich diese Methode nur für eine umgrenzte Anzahl von Krankheitsfällen anwenden läßt und auch dann ziemlich unbequem ist.

Zwei dieser Tabellen mögen hier folgen (nach Sperling):

Galvanische Erregbarkeitsskala der Nerven.

Nach den Grenzwerten. unteren			Nach den Grenzwerten. oberen			Nach den Mittelwerten.		
1.	N. musc.-cut.	0,05	1.	N. musc.-cut.	0,28	1.	N. musc.-cut.	0,17
2.	N. accessor.	0,10	2.	N. accessor.	0,44	2.	N. accessor.	0,27
3.	N. ulnar. I.	0,2	3.	N. ulnar. I.	0,9	3.	N. ulnar. I.	0,55
4.	N. peron.	0,2	4.	R. mental.	1,4	4.	N. median.	0,9
5.	N. median.	0,3	5.	N. median.	1,5	5.	R. mental.	0,95
6.	N. crural.	0,4	6.	N. crural.	1,7	6.	N. crural.	1,05
7.	N. tibial.	0,4	7.	N. peron.	2,0	7.	N. peron.	1,1
8.	R. mental.	0,5	8.	R. zygom.	2,0	8.	R. zygom.	1,4
9.	N. ulnar. II.	0,6	9.	R. frontal.	2,0	9.	R. frontal.	1,45
10.	R. zygomat.	0,8	10.	N. tibial.	2,5	10.	N. tibial.	1,45
11.	R. frontal.	0,9	11.	N. facial.	2,5	11.	N. ulnar. II.	1,6
12.	N. radial.	0,9	12.	N. ulnar. II.	2,6	12.	N. facial.	1,75
13.	N. facial.	1,0	13.	N. radial.	2,7	13.	N. radial.	1,8

Faradische Erregbarkeitsskala der Nerven.

Nach den Grenzwerten. unteren			Nach den Grenzwerten. oberen			Nach den Mittelwerten.		
1.	N. accessor.	145	1.	— —	130	1.	— —	137,5
2.	N. musc.-cut.	145	2.	— —	125	2.	— —	135
3.	R. mental.	140	3.	— —	125	3.	— —	132,5
4.	N. ulnar. I.	140	4.	— —	120	4.	— —	130
5.	R. frontal.	137	5.	— —	120	5.	— —	128,5
6.	R. zygomat.	135	6.	— —	115	6.	— —	125
7.	N. median.	135	7.	— —	110	7.	— —	122,5
8.	N. facial.	132	8.	— —	110	8.	— —	121
9.	N. ulnar. II.	130	9.	— —	107	9.	— —	118,5
10.	N. peron.	127	10.	— —	103	10.	— —	115
11.	N. crural.	120	11.	— —	103	11.	— —	111,5
12.	N. tibial.	120	12.	— —	95	12.	— —	107,5
13.	N. radial.	120	13.	— —	90	13.	— —	105

3. Kapitel.

Der Gang der Untersuchung.

Wenn ein motorischer Nerv oder ein Muskel erkrankt, erleidet unter gewissen Bedingungen seine Reaktion auf den elektrischen Strom Veränderungen, und zwar können diese Veränderungen sein:

1) quantitative: die Erregbarkeit des Nerven oder Muskels ist nicht normal, sie ist erhöht oder herabgesetzt oder erloschen; diese Veränderung kann betreffen a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromesarten.
2) qualitative: Die Zuckungsformel oder die Zuckungsform zeigen Abweichungen von der Norm; und zwar können die Veränderungen des Zuckungsgesetzes nur den galvanischen Strom betreffen, die der Zuckungsform dagegen wiederum a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromesarten.
3) quantitative und qualitative Veränderungen.*)

Es ist also in allen pathologischen Zuständen, in denen der Verdacht auf solche Alterationen der elektrischen Reaktion vorliegt, notwendig, die letztere genau festzustellen und mit der normalen Reaktion zu vergleichen, um sagen zu können, ob etwas Pathologisches vorliegt, und worin es eventuell besteht. — Demnach muß man in solchen Fällen feststellen: 1) quantitativ: die Erregbarkeit (ausgedrückt durch die Höhe der Minimalzuckung) des kranken Nerven oder Muskels, und zwar sowohl die für den galvanischen als die für den faradischen Strom; 2) qualitativ: a) das Erhaltensein oder Nichterhaltensein der normalen Zuckungsformel für den galvanischen Strom und b) die Zuckungsform für beide Stromesarten.

Alle die erhaltenen Resultate müssen mit denen verglichen werden, die an entsprechenden normalen Nerven oder Muskeln sich finden; also — wie im vorigen Kapitel (S. 26 und 27) ausgeführt wurde — entweder (bei einseitiger Affektion) mit denen der symmetrischen Nerven oder Muskeln der anderen, gesunden Körperhälfte oder mit denen analoger Nerven oder Muskeln bei einer großen Zahl anderer, gesunder Individuen, und zwar am besten an der Hand der Stintzingschen „Tabellen für die elektrodiagnostischen Grenz- und Durchschnittswerte."

Die erregbarsten Punkte.

Die quantitative Erregbarkeit eines Muskels ist nicht an allen Stellen seiner Oberfläche gleich groß; sie ist normaliter gewöhnlich am größten an dem Punkte, der dem Eintritt des motorischen Nervenastes in den Muskel resp. seiner oberflächlichsten Lage im Muskel entspricht (dem erregbarsten Punkt), und wird geringer, je weiter man sich von diesem Punkte entfernt. — Was wir Muskelreizung nennen, ist (wie schon S. 24 Fußnote gesagt) tatsächlich eine Reizung intramuskulärer Nervenästchen.

*) Eine besondere Stellung unter den Reaktions-Veränderungen nehmen die bei der obigen Einteilung als praktisch unwichtig nicht berücksichtigten elektrischen Reflexzuckungen ein: mehrfach ist gefunden worden, daß bei Reizung gewisser Muskeln sich andere entfernte und nicht gereizte kontrahierten: teils waren es entfernte derselben Seite — Gesichtsmuskeln bei Armreizung, Armmuskeln bei Beinreizung —, teils symmetrische der anderen Seite (elektromotorische Allochirie). Auch bei Reizung gewisser Hautpartieen hat man in ganz entlegenen, besonders in erkrankten, Muskelgruppen Zuckungen gesehen (R. Remaks „diplegische Kontraktionen") u. dgl. Man nimmt, wie gesagt, an, daß diese Erscheinungen reflektorisch — mit Hilfe sensibler Wege — zu stande kommen (s. auch ähnliches im Kapitel „Entartungsreaktion", p. 70, Fußnote).

Die erregbarsten Punkte der Nervenstämme sind die Stellen, an denen diese Stämme der Oberfläche des Körpers am nächsten liegen.

Wenn man einen suspekten Muskel oder Nerven mit einem gesunden vergleicht, so vergleicht man, um sichere Resultate zu erlangen, ihre erregbarsten Punkte mit einander. — Die Lage dieser Punkte muß man also genau kennen, um elektrische Diagnostik — und auch, um exakte Therapie — treiben zu können. Es sind schematische Tafeln konstruiert worden, in denen diese Punkte auf die Oberfläche des menschlichen Körpers projiziert angegeben sind. Das Studium dieser Tafeln allein reicht aber für die Praxis nicht aus, denn

Die schematischen Tafeln

erstens gibt es schon in der Norm der anatomischen Varianten (in bezug auf Lagerung der Muskeln, Bau der Haut und des Skeletts, größere oder geringere Entwicklung dieses oder jenes Muskels usw.) beinahe so viele, als es Individuen gibt. Bei jeder derartigen Variante läßt uns aber die Tafel im Stich;

zweitens verändern in gewissen pathologischen Fällen die erregbarsten Punkte der Muskeln ihre Lage, so daß der betreffende Muskel zwar nicht an der im Schema eingezeichneten Stelle elektrisch zu reizen ist, dafür aber an einem anderen Punkte im Muskelverlauf;

drittens aber können da, wo die Muskeln in mehreren Schichten übereinanderliegen, z. B. an der Vorderarm-Beugeseite, infolge von Atrophie Muskeln der oberen Schicht verschwinden und unterliegende oberflächlich zu liegen kommen. Wenn man dann an der im Schema als Reizpunkt des atrophischen Muskels bezeichneten Stelle elektrisch reizt, so bekommt man zwar eine Zuckung zu Gesicht, aber es ist ein ganz anderer als der gesuchte Muskel, dessen Kontraktion man sieht. Die Tafel kann dann also zu Irrtümern führen.

Um alle diese Fehlerquellen zu vermeiden, ist es zur Ergänzung der — immerhin als Anhaltsmittel brauchbaren — Tafelschemata notwendig, 1) sich den anatomischen Verlauf der Muskeln und der motorischen Nerven ins Gedächtnis zu rufen, 2) ganz besonders die Funktionen der einzelnen Muskeln zu kennen. Dann wird man sich in jedem, auch im anomalsten Falle über die Natur und den Ursprung einer gesehenen Zuckung klar sein.

Das Aufsuchen der erregbarsten Muskel- und Nervenpunkte, welches das ABC aller Elektrodiagnostik ausmacht, und dessen ausgibigstes praktisches Üben für den Anfänger unbedingt erforderlich ist, geschieht in folgender Weise:

Allgemeine Regeln für elektrodiagnostische Übungen.

Der untersuchende Arzt sitzt oder steht vor dem Patienten so, daß das Licht auf den zu untersuchenden Teil und auf den elektrischen Apparat (besonders das Galvanometer) fällt. Gutes Licht ist erste Bedingung. Man muß auch darauf achten, daß der Kopf oder der Arm des Arztes selbst oder der Elektrodengriff nicht den untersuchten Teil beschatten: das Sehen der Minimalzuckung ist oft selbst bei hellem Lichte nicht leicht.

Am besten sitzen während der Untersuchung beide, sowohl der Arzt als der Patient. Am Bein geschieht die Untersuchung am

bequemsten, wenn dasselbe auf einem Sopha oder einer Bank (auch auf zwei zusammengestellten Stühlen) ausgestreckt ruht, während der Arzt daneben sitzt. Um an der Hinterseite der Unterextremität zu untersuchen, muß man den Patienten auffordern, sich auf den Leib zu legen, oder wenn das nicht angeht — bei der Untersuchung auf zwei Stühlen z. B. —, muß er sich so drehen, daß er ganz auf die nicht untersuchte Seite zu liegen kommt. — Die Rumpfmuskeln können zur Not am stehenden Patienten untersucht werden.

Die zu prüfenden Muskeln dürfen nicht gespannt sein. Man achte also darauf, daß die Körperstellung — wie das z. B. soeben bezüglich des Beins erwähnt wurde — eine Schlaffhaltung ermöglicht. Weiterhin fordere man den Patienten, sobald man merkt, daß er die zu untersuchenden Muskeln kontrahiert, von Zeit zu Zeit auf, „locker zu lassen“ und „nicht zu spannen“ oder dergl. Dieses „Spannen“ geschieht häufig infolge einer gewissen Ungeschicklichkeit der Patienten, die das „Entspannen“ erst lernen müssen. Nicht allein Hysterische oder Neurasthenische, sondern auch gesunde Leute wissen oft nicht, wie sie es anstellen sollen, einen Arm z. B. „locker zu lassen“. Durch Auflegen auf eine Unterlage oder Unterstützen des Armes, Kopfes usw. mit der Hand des Arztes, sowie durch Ablenken der Aufmerksamkeit (Rechnenlassen usw.) kann man dieses Entspannen oft leichter herbeiführen. Man sehe sich aber vor, daß man sich bei diesem Unterstützen das zu prüfende Gebiet nicht mit dem eigenen Daumen verdeckt oder den betreffenden Teil so hält, daß man die erwartete Muskel- oder Nervenwirkung nicht gehörig überblicken kann. — In den Fällen, in denen die Spannung auf pathologische Ursachen zurückzuführen ist, z. B. auf Kontrakturen, sind besondere kleine Kunstgriffe nötig.

Die indifferente Elektrode.

Man setze die Elektroden befeuchtet auf. Eine indifferente große Platte (s. Fig. 25 und 30) setze man entweder aufs Sternum oder in den Nacken oder auch in die Kreuzbeingegend. Man sollte zu Untersuchungszwecken niemals die indifferente Elektrode in eine Hand des Patienten setzen, weil das alle Exaktheit unmöglich macht. Am Nacken wird man die indifferente Elektrode zu diagnostischen Zwecken nur im Notfalle aufsetzen, weil in dieser Stellung bei Anwendung des galvanischen Stroms die Nebenwirkungen dieses Stromes (Lichtblitze vor den Augen schon bei geringen Stromschwankungen, galvanischer Geschmack auf der Zunge, Schwindelgefühl usw.) sehr leicht auftreten, viel leichter, als wenn die indifferente Elektrode z. B. am Sternum oder am Kreuzbein steht. Beide letztgenannten Stellen sind auch wegen ihrer Muskelarmut als Plätze für die indifferente Elektrode sehr zweckmäßig. Bei Untersuchung der Arme wird man zum Anbringen der indifferenten Elektrode nicht gern das Sternum wählen, um zu vermeiden, daß der Patient einen seiner Arme zum Festhalten der Elektrode verwenden muß.

Die Reizelektrode.

Die Reizelektrode wählt man von kleinem Querschnitt, weil man so eine möglichst große Stromdichtigkeit an ihr erzielt.

Um in dem Bruch $\frac{J}{Q}$, der bekanntlich die von uns jedesmal festzustellende Stromdichtigkeit ausdrückt, einen bequem zu berechnenden Divisor zu haben, kann man eine Reizelektrode von 10 qcm Querschnitt (Erbsche Normalelektrode) zur Untersuchung verwenden, oder man wählt, da diese für viele Stellen (z. B. am Gesicht) zu groß ist, eine Elektrode von 3 qcm Q (Stintzingsche Normalelektrode). Man setzt die Elektrode — befeuchtet natürlich — mit der ganzen Fläche auf, nicht mit der Kante, weil sich sonst sofort der Querschnitt und demgemäß die Dichtigkeit ändert. Beim Aufsetzen soll immer der Unterbrecherhebel vom Daumen des Arztes heruntergedrückt werden, also der Unterbrecher geöffnet sein.

Normalelektroden.

Jetzt schalte man den Strom ein, und zwar zunächst zum Aufsuchen des erregbarsten Punktes den faradischen Strom, dessen man sich nb. auch zu Übungszwecken am besten bedient: da die faradische Zuckung tetanisch ist, also im allgemeinen länger anhält als die galvanische, nämlich die ganze Dauer des Stromschlusses hindurch, und da ihre Dauer darum auch vom Untersucher leicht beliebig lange ausgedehnt werden kann, so wird es beim Induktionsstrom bequemer sein, die Wirkung genau zu sehen und demnach auch, sich darüber zu orientieren, welchen Muskel oder Nerven man vor sich hat, und wo dessen erregbarster Punkt liegt.*) Man stellt also den faradischen Apparat auf eine geringe Stromstärke ein, und während man den Unterbrecher der aufsitzenden Elektrode mehrmals schließt und wieder öffnet, verstärkt man den Strom durch Verschiebung der sekundären über die primäre Spirale, bis gut sichtbare Muskelkontraktionen erfolgen.

Man lasse den Strom bei den einzelnen Unterbrechungen immer nur so lange geschlossen, als unbedingt nötig, um die Zuckung zu sehen, die der faradische Strom verursacht, und vermeide es dadurch, den Schmerz, den Induktionsströme von einiger Stärke hervorrufen, zu verlängern. — Besonders empfindlich sind oft die Stellen, an denen dicht unter der Haut ein Knochen liegt, also z. B. an der Stirn oder am N. ulnaris und peroneus. Dort muß bei einigermaßen kräftigen Strömen die Stromschließung nur ganz kurz sein. Man unterbreche dann den Strom sofort nach dem Schluß wieder durch Druck auf den Unterbrecherhebel. Man vermeide es aber, die Reizelektrode von der einmal als „erregbarster Punkt" gefundenen Stelle zu entfernen. Stromschließung und -öffnung wird nur mit Hilfe des Unterbrechers besorgt; die Elektrode jedoch bleibt bis zum völligen Schluß der Untersuchung am gefundenen Punkte sitzen: schon eine Verschiebung um Millimeter oder kleine Hebungen

*) Außerdem hat der faradische Strom keine erhebliche Wirkung auf den Leitungswiderstand, während der galvanische Strom ihn (s. S. 7) herabsetzt. Man bekommt demnach richtigere Resultate, wenn man den Induktionsstrom zuerst appliziert.

einer Elektrodenkante verändern oft die Resultate nicht unerheblich. Bei längeren Untersuchungen tut man gut, den erregbarsten Punkt, wenn man ihn einmal gefunden hat, mit einem dermatographischen Stift zu bezeichnen.

Bei schwierigen Untersuchungen kann es eine Erleichterung sein, wenn ein Assistent das Ein- und Umstellen des Apparats besorgt oder die Resultate der Untersuchung notiert. Im allgemeinen kann man aber auch ganz bequem allein fertig werden. Nur für den Anfänger dürfte es sich empfehlen, die Untersuchungen mit einem anderen gemeinsam auszuführen, weil so das oben erwähnte Festhalten des erregbarsten Punktes besser gelingt, und weil sich überdies zwei Personen gegenseitig unterstützen können, um über die Qualität und Quantität der Muskelkontraktionen Klarheit zu erlangen: denn das Finden des erregbarsten Punktes, [illegible]hen der Minimalzuckung und das Erkennen der Z[illegible]rm (ob blitzartig oder nicht) sind die hauptsächlichsten, [illegible]inzigen Schwierigkeiten der praktischen Elektrodiagnostik.

Man drücke nicht unnötigerweise stark mit der Elektrode auf die unterliegenden Teile. Wenn dieselbe gut — event. mit warmem oder Salzwasser — befeuchtet ist, ist das Drücken meist überflüssig. Nur an gewissen, sehr tiefliegenden Punkten, z. B. dem des N. facialis oder dem des N. radialis am Oberarm, ist ein gewisser Druck nicht zu vermeiden, zumal an der letzteren Stelle leicht die Elektrode durch den sich kontrahierenden M. triceps herausgeschleudert wird.

Wenn man von der Stelle aus, von der erfahrungsgemäß ein Nerv oder Muskel am leichtesten zu erregen ist, in der Tat die entsprechende Zuckung gesehen hat, so suche man jetzt, indem man die Elektrode gleichsam tastend im Verlauf des Muskels auf mehrere andere Stellen geöffnet aufsetzt und an jeder dieser Stellen eine oder zwei Schließungen ausführt, die ganze Nachbarschaft des erstgefundenen Punktes daraufhin ab, ob nicht vielleicht von irgend woher bei derselben Stromintensität eine stärkere Kontraktion zu erzielen ist. — Ist das nicht der Fall, dann ist der erstgefundene Punkt der erregbarste (weiteres s. unten).

Im folgenden sollen die erregbarsten Punkte der Nerven und der wichtigsten Muskeln des Körpers einzeln besprochen werden und zwar in folgender Weise: 1) sollen die Stellen beschrieben werden, an denen diese Punkte meistens liegen; diese Stellen sind außerdem in schematischen Figuren (auf die Haut projiziert) angegeben; unter jeder solchen — auf durchsichtiges Papier gezeichneten — schematischen Figur befindet sich immer eine mit ihr in den Konturen sich deckende Tafel, welche den anatomischen Verlauf der betreffenden Muskeln und Nerven wieder in Erinnerung bringen soll.*) Durch Vergleich beider Tafeln wird das Merken der Lage der erregbarsten Punkte erleichtert werden,

*) Diese Zeichnungen sind von Herrn Zeichner Arthur Levin (die unterliegenden Tafeln unter teilweiser Benutzung Quain-Hoffmannscher Muskelbilder) nach meiner eigenen Angabe angefertigt worden.

ganz besonders aber wird durch Studium des Muskelverlaufes dem viel wichtigeren Verständnis der Muskelfunktion nachgeholfen. Es soll nämlich im folgenden 2) bei jedem Muskel angegeben werden, welche Hauptfunktion er ausübt, und bei jedem Nerven, welche Muskeln von ihm versorgt werden, und welche Wirkung demnach bei seiner Reizung eintritt. Warum es nötig ist, das zu wissen, ist oben (S. 30) auseinandergesetzt worden.

Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

(s. Figur 17 auf der Tafel.)

Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

Bei allen Untersuchungen am Gesicht halte man die eine Hand gegen die nicht untersuchte Gesichtshälfte des Patienten, um ein Ausweichen zu verhüten. Bei Prüfung der Muskeln um den Mund lasse man den Mund leic[illegible]en.

Der Stamm [illegible]acialis kann gewöhnlich an zwei Stellen gereizt werden:

1) im Winkel [illegible]en Processus mastoideus und absteigendem Unterkieferast. Man drücke dabei die Elektrode möglichst nach oben und (so, als ob man das Foramen stylo-mastoideum selbst treffen wollte) nach vorn in den Winkel hinein, indem man sie unterhalb des Ohrläppchens hineinschiebt. Die Wirkung ist: Kontraktion sämtlicher vom Facialis versorgten Gesichtsmuskeln; die Muskeln des oberen Astes (Mm. frontalis und corrugator supercilii) zucken dabei oft nur schwach oder gar nicht mit. Der Nerv ist mäßig erregbar.

2) auf dem Tragus des Ohres. Auch von dort bekommt man oft nur eine Wirkung des zweiten und dritten Astes. Dieser Punkt ist nicht konstant.

Die drei Äste des Facialis kann man auch einzeln reizen. Die erregbarsten Punkte liegen gewöhnlich etwa in einer senkrechten Linie untereinander: der mittelste auf dem Tuber ossis zygomatici oder ein wenig darunter; der oberste senkrecht darüber da, wo die gedachte Senkrechte den Arcus superciliaris schneidet; der unterste senkrecht darunter da, wo die gedachte Linie den Unterrand des horizontalen Unterkieferastes trifft.

Bei Reizung des oberen Astes zuckt der M. frontalis und der corrugator supercilii: man sieht Runzelung der Stirn und der Augenbrauen. Faradische Reizung ist dort schmerzhaft. Daher kurzer Stromschluß!

Bei Reizung des mittleren Astes zucken: M. orbicularis oculi, Mm. zygomatici, die Nasenmuskeln, die Heber der Oberlippe und der M. orbicularis oris (oft auch nur dessen obere Hälfte). Wirkung: Augenschluß, Lachbewegung, Nasenrümpfen, Runzeln der Oberlippe (oder Mundspitzen).

Bei Reizung des unteren Astes zucken: M. levator menti, M. depressor labii inferioris und M. depressor anguli oris (event. auch untere Hälfte des Orbicularis oris). Wirkung: Hebung des Kinns, Umstülpung der Unterlippe und Verziehung des Mundwinkels nach

unten und außen. Die drei Äste sind gut erregbar, der erste am besten, der zweite am wenigsten.

Von einzelnen Muskeln, die am Gesicht gereizt werden können, sind zu erwähnen:

M. frontalis, erregbar meistens nahe dem äußeren oberen Winkel der betreffenden Stirnhälfte unweit der Haargrenze. Wirkung: Querfaltung der Stirn, Hebung der Braue. Die faradische Reizung dort ist schmerzhaft, daher nur kurzer Stromschluß! Bei der galvanischen Reizung dort (wie übrigens auch bei der der anderen Gesichtsmuskeln) leicht Schwindel, Lichtblitze usw.

M. corrugator supercilii, meistens ein wenig nach innen vom Nervenpunkte des oberen Astes. Wirkung: Längsrunzelung der Gegend zwischen den Augenbrauen. Man unterscheidet diesen Punkt vom benachbarten Nervenpunkte dadurch, daß beim letzteren auch eine Frontalis-Wirkung zu sehen ist. Auch ist der Nervenpunkt erregbarer.

M. orbicularis oculi, im äußeren Orbita-Winkel. Wirkung: Bewegung der beiden Lider gegeneinander. In pathologischen Fällen (Entartungsreaktion) sind erregbarste Punkte dieses Muskels oft in der Mitte des unteren bezw. oberen Lids zu finden.

Mm. nasales. Sie sind untereinander gewöhnlich schwer — und im allgemeinen unnötig — zu isolieren, am besten erregbar medial vom inneren Augenwinkel in der Nähe der Nasenwurzel. Wirkung: Nasenrümpfen und leichtes Heben der Oberlippe.

Mm. zygomatici, ein wenig lateral und unten vom vorigen Punkte. Wirkung: Lachbewegung.

M. orbicularis oris, in zwei Hälften zu erregen: a) obere Portion, etwa halbquerfingerbreit über dem Lippenrot, ein wenig medial vom äußeren Mundwinkel. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Oberlippe; b) untere Portion, ziemlich dicht am Lippenrot und etwas mehr medial als der obere Punkt. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Unterlippe.

M. mentalis oder levator menti, auf dem Kinn nahe dem Unterkieferrande und recht dicht an der Medianlinie. Wirkung: Kinn-Hebung und -Runzelung. Der Anfänger kommt hier leicht in Gefahr, den symmetrischen Muskel der anderen Körperhälfte mitzureizen.

M. depressor labii inferioris oder quadratus menti, ein wenig lateral und nach oben vom vorigen Punkt. Wirkung: Umstülpung der Unterlippe nach außen. — Oft schwer vom vorigen oder vom nächsten Muskel zu trennen.

M. depressor anguli oris oder triangularis menti, meist dicht am Unterrande des horizontalen Unterkieferastes, ein wenig nach außen und unten vom vorigen. Wirkung: Herabziehen der Unterlippe nach unten-außen. Er liegt in der Nähe des Nervenpunktes für den dritten Facialis-Ast. Die Wirkung des letzteren kann man aber von der des Muskels, abgesehen davon, daß der Nerv meist erregbarer ist, gewöhnlich dadurch unterscheiden, daß bei Reizung des Nervenastes auch der M. mentalis sich kontrahiert, also Kinnhebung oder -runzelung

miteintritt. — In pathologischen Fällen (Entartung) liegt der erregbarste Punkt dieses Muskels oft weit oben, nach der Lippe zu.

Am Gesicht findet man außerdem noch zwei Muskeln, die nicht vom Facialis, sondern vom dritten Ast des Trigeminus versorgt werden, nämlich den

M. masseter, etwa in der Mitte zwischen Jochbogen und horizontalem Unterkieferäst, ziemlich weit lateral, etwa $1\frac{1}{2}$—2 Querfinger innen vom Oberläppchen; und den

M. temporalis, etwa in der Mitte der Schläfengrube, vom oberen Rande des Jochbogens und von der Haargrenze etwa gleichweit entfernt oder dem ersteren näher.

Die beiden letzten Muskeln bewirken Kaubewegung, Aufeinanderklappen der Zähne; beide sind meistens erst bei stärkeren Strömen zu erregen. — Bei Facialislähmungen mit Erloschensein der Erregbarkeit dieses Nerven sieht man oft die Bewegung dieser beiden Muskeln nach Reizung am Facialispunkte rein hervortreten; der Anfänger hüte sich, diese Bewegung dann mit Facialiszuckung zu verwechseln.

In pathologischen Fällen peripherischer Okulomotoriuslähmung (bei Normalen nicht) kann man mit galvanischen Strömen den M. levator palpebrae superioris (den einzigen unter Umständen erregbaren Augenmuskel) mittels einer knopfförmigen Elektrode einige Millimeter unter dem höchsten Punkte des Supraorbitalbogens zur Kontraktion bringen (Werthheim-Salomonson).*)

Die Nerven und Muskeln am Halse.

(s. Fig. 17 auf der Tafel.)

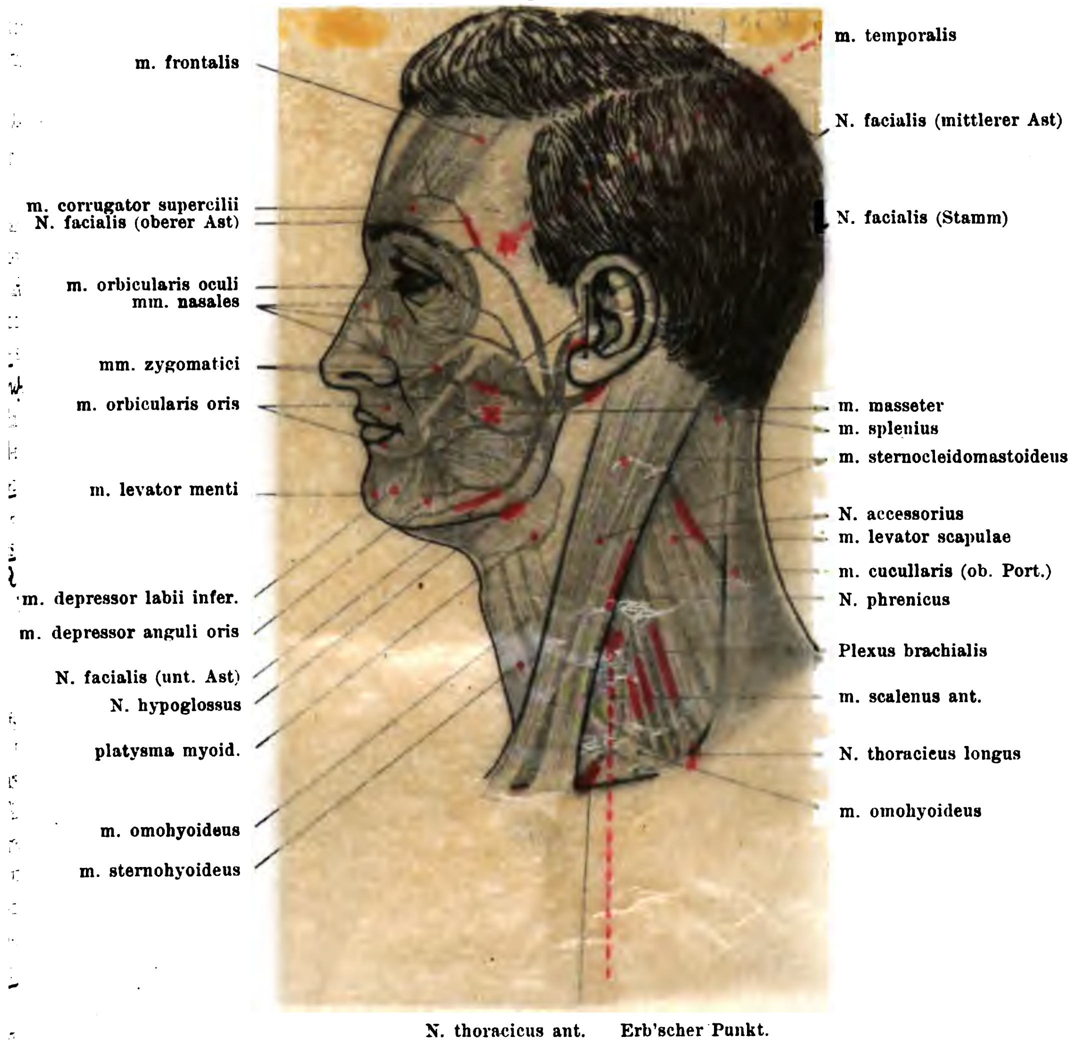
Die Nerven und Muskeln am Halse.

Bei der sehr verschiedenen Konfiguration gerade der Halsgegend (und insbesondere auch der Fossa supraclavicularis) bei den verschiedenen Personen wird gerade dort die Lage der erregbarsten Punkte eine individuell vielfach wechselnde sein. In vielen Fällen wird man sich mit dem Finden der hauptsächlichsten Nervenpunkte begnügen müssen. Je geübter man wird, um so häufiger wird man positive Resultate haben. Man bedient sich für den Hals einer Reizelektrode von sehr kleinem Querschnitt (knopfförmige Elektrode). Diese kleinen Elektroden müssen besonders reichlich durchfeuchtet werden.

N. accessorius, im hinteren Halsdreieck, durchschnittlich etwa zwei Finger breit unter dessen oberem Winkel nahe der oberen Portion des M. cucullaris. Sehr leicht erregbar. Wirkung: Kontraktion (des M. sternocleidomastoideus und) des M. cucullaris (der außer von ihm nb. noch Fasern aus dem Cervikalgeflecht erhält). Kopfneigung nach hinten, Hebung und Drehung des Kinns nach der anderen Seite.

*) Seine Zuckungsform ist, wie hier gleich bemerkt sei, in diesen Fällen „träge“, und seine elektrische Erregungsfähigkeit überhaupt ein sicheres Zeichen krankhafter Erregbarkeitssteigerung. (Näheres über diese Krankheitssymptome im Kapitel über Entartungsreaktion.)

Fig. 17.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

N. hypoglossus, gewöhnlich dicht oberhalb des Zungenbeins mit Druck zu reizen.

Plexus brachialis; im ganzen unteren inneren Drittel der Fossa supraclavicularis und auch noch lateral davon sind Teile von ihm leicht zu treffen. Wirkung: je nach der Stelle wechselnd, meist im Medianus- und Axillarisgebiet (Beugung der Hand und der Finger, Abhebung des Armes vom Thorax usw.); aber auch im Bezirk des Musculocutaneus.

Erbscher (Supraklavikular-)Punkt, eine Stelle im Plexus cervico-brachialis, meist etwas mehr als daumenbreit oberhalb des oberen Klavikularrandes und ein wenig lateral vom Sternocleidomastoideus. Er verändert naturgemäß, je nach der Konfiguration der Oberschlüsselbeingrube, seine Lage oft sehr wesentlich. Von dieser Stelle aus erhält man Kontraktion der Mm. deltoideus, biceps, brachialis (internus) und brachioradialis, also ruckartige Abhebung des Arms vom Thorax und kräftige Ellenbogenbeugung in Pronationsstellung; ist fast regelmäßig zu treffen und meist gut erregbar.

Nn. thoracici anteriores; man muß die Knopfelektrode beim herabhängenden Arm des Patienten tief hinter die Clavicula eindrücken und nicht zu schwache Ströme wählen. Auch dann noch muß oft auf das Auffinden des Punktes verzichtet werden. Wirkung: Pectoralis-Kontraktion (Adduktion des Arms an den Thorax).

N. thoracicus longus; oft am Halse nicht erregbar; wenn, dann im äußersten Winkel des hinteren Halsdreiecks mit tief hineingedrückter Knopfelektrode. Wirkung: Kontraktion des M. serratus anterior (das Schulterblatt wird nach außen-vorn bewegt, oder man sieht einzelne Zacken des Serratus vorspringen).

N. axillaris; ein wenig medial und oben vom vorigen, nahe dem äußeren Dreieckwinkel, nicht selten zu isolieren, wenn auch oft Teile des Plexus mitgereizt werden (er ist nb. bei vielen Personen auch in der Achselhöhle, und zwar oft gemeinsam mit dem N. radialis, zu reizen). Wirkung: Deltoideus-Kontraktion (Abhebung des Arms vom Thorax).

N. dorsalis scapulae; oft, aber nicht ganz leicht, erregbar; ein wenig nach innen vom vorigen (in der Figur nicht gezeichnet). Wirkung: Kontraktion der Rhomboidei und des Levator scapulae. Hebung des Schulterblatts mit Drehung des unteren Winkels nach oben-innen.

N. phrenicus; selten zu diagnostischen Zwecken gesucht, zu therapeutischen (Asphyxie) meist doppelseitig zu erregen und zwar entweder, indem man an die zur Reizelektrode führende Leitungsschnur ein gegabeltes Ansatzstück befestigt und zwei gleichgroße Reizelektroden von geringem Querschnitt (3 qcm und weniger) an dessen beiden Enden anbringt; oder aber, indem man auf eine indifferente Elektrode verzichtet und zwei kleine Knopfelektroden wählt, deren jede man an eine Seite des Halses setzt, und deren eine mit einem Unterbrecher versehen ist. Der erregbarste Punkt liegt oft hinter

dem Sternocleidomastoideus, bald am Ende seines oberen Drittels, bald auch weiter unten. Man muß also die Elektrode hinter den Muskel zu schieben, den Muskel gleichsam abzuheben suchen. Wenn der Punkt nicht richtig getroffen ist, wird oft die Elektrode durch den sich kontrahierenden Sternocleidomastoideus herausgeschleudert, oder es treten anstatt der gesuchten Wirkung Plexus-Zuckungen oder dergl. auf. Wirkung: Zwerchfellkontraktion (Vorwölbung des Epigastriums und besonders Einströmen der Luft in die Luftwege mit einem hörbaren „schlucksenden" Geräusch).

Von Muskeln am Halse wären zu erwähnen:

M. sternocleidomastoideus, etwa in der Muskelmitte oder darüber am leichtesten reizbar. Wirkung: Vorspringen des Muskels aus dem Halskontur, Drehung des Kopfes nach der anderen Seite, wobei die Ohrmuschel nach vorn geneigt wird.

M. omohyoideus, seine Reizung ist praktisch ohne Bedeutung. Siehe Fig. 17. Vorspringen seines langgestreckten Konturs.

M. levator anguli scapulae, oft dicht unter dem Axillaris-Punkte zu erregen. Hebung der Schulter mit leichter Kopfdrehung nach der gereizten Seite.

M. splenius capitis et colli, dicht unter dem Processus mastoideus. Dreht den Kopf nach der gereizten Seite.

Platysma myoides, im vorderen Halsdreieck ziemlich weit oben, etwas unterhalb des Zungenbeinniveaus. Wirkung: Anspannung der Halshaut und leichtes Herabziehen des Mundwinkels. Zu seiner Reizung setzt man die Elektrode ganz leicht auf die Haut, ohne irgend einen Druck auszuüben.

Die Kehlkopf- und ebenso die Gaumen- und Zungenmuskeln sind mit Elektroden von entsprechender Größe unschwer zu erregen. Erwähnenswert ist, daß bei Bestreichen der Gegend seitlich vom Kehlkopf von oben nach unten mit der Ka des galvanischen Stroms (ca. 15 qcm Querschnitt bei Strömen mittlerer Stärke, 3—6 MA) Schluckbewegungen leicht ausgelöst werden können. — Faradische Ströme rufen diese Wirkung nicht hervor.

Die Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

(s. Fig. 18 und 19 auf den Tafeln.)

Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

Zur Untersuchung der Muskeln und Nerven des Arms lege man den Arm des Patienten leicht im Ellbogen gebeugt auf eine Unterlage, am besten auf die eigene, nicht untersuchende Hand. Man umfasse ihn aber nicht mit der Hand und verstelle sich nicht mit dem eigenen Daumen den Effekt der Muskelreizung; man benutze seine eigene Hand (mit nicht opponiertem Daumen) nur, wie gesagt, als Unterlage; je nachdem es sich um rechte oder linke Körperhälfte, um Streck- oder Beugeseite handelt, wird man natürlich die Reizelektrode bald in die rechte, bald in die linke Hand nehmen.

N. radialis, an seiner Umschlagstelle an der Außenseite des Oberarms, in der Mitte zwischen Ansatzpunkt des M. deltoideus und

Epicondylus lateralis humeri. An dieser Stelle oder auch etwas nach vorn davon setze man, indem man mit einer Hand den Arm gehoben und im Ellbogen leicht gebeugt unterstützt, mit der anderen die Reizelektrode mit festem Druck am vorderen (lateralen) Tricepsrand in die Tiefe.

Anm. Gewöhnlich muß man dabei den Druck der Elektrode etwas mehr nach vorn, seltener etwas mehr nach hinten richten; am besten tut man, wenn man sie direkt über die Stelle setzt, an welcher man durch vorhergehendes, vorsichtiges Palpieren den obersten Punkt des Brachioradialis-Ursprungs am Humerus gefühlt hat. — Bei stärkeren Strömen oder Verschiebung der Elektrode nach vorn oder hinten treten leicht Kontraktionen des sehr erregbaren Biceps oder des Triceps ein, die alle übrigen Wirkungen verdecken.

Wirkung: Kontraktion der Streckmuskeln der Hand und der Finger (des Supinator brevis und des Brachioradialis nicht ganz regelmäßig); also Streckung der Hand und der Finger, event. auch Ellenbogenbeugung. Zu beachten ist: 1) daß der N. radialis für die Ka des galvanischen Stromes sowie auch für die Ka des faradischen (Öffnungs-)Stromes gewöhnlich viel leichter erregbar ist als für die An und für den faradischen Strom überhaupt schwerer als für den galvanischen. 2) Beim faradischen Strom, besonders bei einigermaßen starken Strömen, hält die Zuckung im Radialisgebiet nicht während der ganzen Dauer des Stromschlusses an, sondern ist meistens nur vorübergehend sichtbar. Das kommt daher, daß der erregbarste Punkt des Nerven einem motorischen Tricepspunkte benachbart ist, und daß durch den sich kontrahierenden Triceps die Elektrode aus der Tiefe herausgeschleudert und dadurch vom Nerven entfernt wird. — Besonders bei Reizung dieses praktisch wichtigen Nervenpunktes sehe man sich vor, sich nicht mit der eigenen Hand die Wirkung der elektrischen Reizung zu verdecken, ein Fehler, in den Anfänger sehr häufig verfallen*).

N. ulnaris; 1) In der Fossa ulnaris innen vom Olecranon. Der Arm des Patienten stehe bei Reizung dieses Nerven in der Schulter gehoben, im Ellbogen halb gebeugt, die Hand mit der Palma schlaff nach unten hängend. Wirkung: Kontraktion der Mm. interossei, des M. adductor pollicis, des M. flexor carpi ulnaris und eines Teils des tiefen Fingerbeugers. Man sieht also: eine Ulnarwärtsbeugung des Handgelenks, eine vollkommene Beugung der zwei oder drei letzten Finger (die Beugung der zweiten und dritten Mittelfingerphalanx ist meist nicht vollständig), eine Adduktion des Zeigefingers an den Mittelfinger und des Daumens an den Zeigefinger; dabei steht der Daumen gestreckt, ebenso meist die beiden letzten Zeigefingerphalangen. Die Stellung bei Ulnarisreizung, die meist typisch ist, ist namentlich an der Haltung des Daumens und Zeigefingers zu erkennen und von anderen Reizeffekten zu unterscheiden. Auch am Oberarm, im oberen

*) Der Radialis ist auch ganz oben im hintersten Teile der Achselhöhle zu reizen, aber gewöhnlich nicht gut vom Axillaris zu trennen.

Teil im Sulcus bicipitalis internus, im unteren Teil mehr medial davon, ist der Nerv gut und leicht erregbar.

2) Der untere Teil des Nerven ist dicht über dem Handgelenk an dessen ulnarer Seite zu erregen, wenn man die Elektrode oberhalb des Erbsenbeins eindrückt. Man erhält von dort nur die Adductor-pollicis- und die Interosseus-Wirkung: Adduktion aller Finger aneinander, Beugung ihrer ersten, Streckung ihrer letzten Phalangen.

N. medianus. Man reizt ihn am häufigsten 1) in der Mitte der Ellenbogenbeuge, meist direkt über dem Oberrand des Lacertus fibrosus. Auch im ganzen Sulcus bicipitalis internus kann man ihn reizen, dort ist aber seine Wirkung oft unrein (nämlich Ulnaris- und Musculocutaneus-Wirkungen dabei). Der Reizeffekt besteht in einer Kontraktion der sämtlichen Hand- und Finger-Beuger, der Pronatoren und der Muskeln des Daumenballens: kräftige, gewöhnlich mit einem Ruck eintretende Hand- und Fingerbeugung, vollkommene Pronation des Vorderarms und Opposition des Daumens. Man wende leichten Druck der Elektrode an und halte den Arm des Patienten im Ellenbogen gebeugt, mit der Palma nach oben sehend. Die sehr starke, bei Treffen des Nervenpunktes eintretende Pronation läßt oft die Kontraktion der Daumenballenmuskeln nicht erkennen; man muß dieselbe aber dann sehen, wenn man die Pronation durch Widerstand verhindert.

2) In seinem Verlaufe in der Mitte der Vorderarm-Beugeseite ist der N. medianus mehrfach zu erregen, am besten und gewöhnlich ohne jeden Druck direkt über der Mitte des Handgelenks zwischen den beiden dort vorspringenden Sehnen des M. flexor carpi radialis und des M. palmaris longus, oder auch am ulnaren Rande der Sehne des letzteren. Wirkung: Opposition des Daumens (event. Kontraktion der Lumbricales).

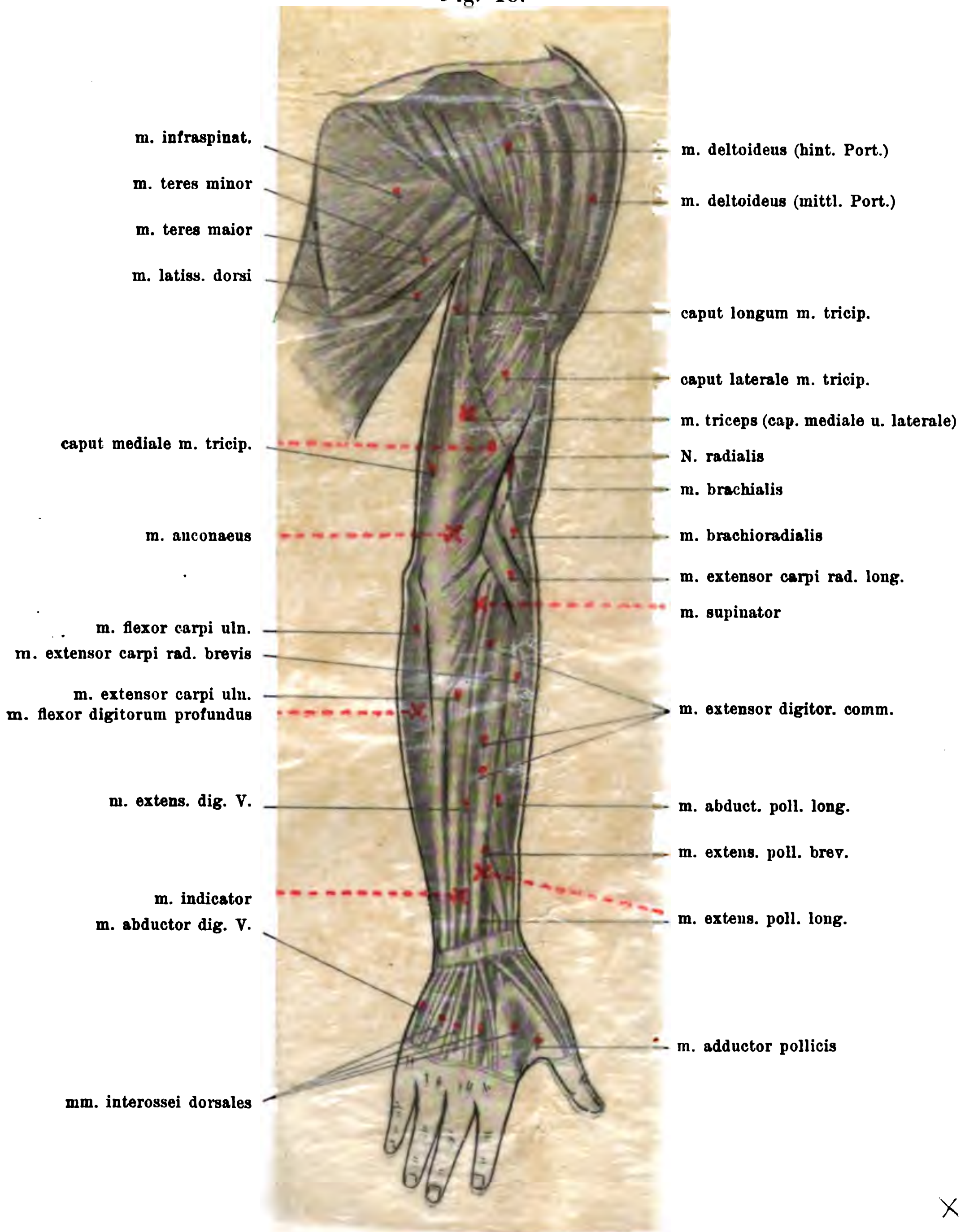
Die Muskeln des Daumenballens, insbesondere M. opponens und äußere Portion des Flexor brevis pollicis und Abductor pollicis brevis, auf dem Ballen nahe der Handwurzel bei schlaffer Haltung leicht zu erregen. Opposition des Daumens, Beugung des Daumen-Metacarpusknochens.

Der M. abductor pollicis brevis, erregbar nahe dem radialen Rande des Daumenballens, proximal, d. h. näher dem Handgelenk als dem Metacarpo-Phalangealgelenk, ist auch zu isolieren, ebenso der

M. adductor pollicis, entweder mit dem Interosseus primus gemeinsam erregbar (s. unten) oder auch, aber nicht regelmäßig, in der Handfläche, ulnarwärts vom Daumenballen, etwa über der Mitte des Zeigefinger-Metacarpus. Diese beiden Muskeln bewirken, gemeinsam mit der inneren Portion des Flexor brevis, Beugung der ersten, Streckung der zweiten Daumenphalanx und Ab- resp. Adduktion.

Mm. interossei und lumbricales, gewöhnlich gemeinsam geprüft; sehr wichtige Muskeln. Die erregbarsten Punkte liegen an der Dorsalseite der Hand, ziemlich weit proximal (schulterwärts) in den Interossealräumen. Man muß die Elektrode mitunter etwas aufdrücken, um sie zu erregen, und muß darauf achten, daß sie schlaff sind. Die

Fig. 18.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

geprüfte Hand hänge mit der Palma nach unten über eine Unterlage, oder der Arzt stütze sie mit seiner eigenen Hand leicht am Carpus oder lasse sie mit der Palma auf seinen Fingern aufruhen, während die Finger des Patienten lose, am besten leicht voneinander getrennt, herunterhängen. Reizung in jedem Interossealraum bewirkt: 1) Näherung der beiden Finger, zwischen denen er liegt, 2) Beugung ihrer ersten Phalanx und Streckung ihrer beiden letzten Phalangen.*) Bei Anwendung starker Ströme (die z. B. bei atrophischen Zuständen notwendig ist, um Erloschensein der Erregbarkeit ausschließen zu können) täuschen leicht Stromschleifen auf die langen Fingerbeuger oder -strecker eine Interosseus-Wirkung vor. Der Anfänger hüte sich davor und achte immer darauf, ob auch wirklich die erste Phalanx gebeugt und die beiden letzten gestreckt werden. Von der Vola aus sind einzelne Interossei volares und Lumbricales oft isoliert erregbar. Zwei besonders oft isolierbare Punkte sind (nach Frohse und Fränkel) in der Figur 19 angegeben.

Die Muskeln des Kleinfingerballens (Mm. opponens, flexor, abductor digiti quinti) werden an der Wurzel des Hypothenar erregt. Sie rufen die im Namen ausgedrückten Wirkungen hervor, sind aber gewöhnlich bis auf den M. abductor nicht isolierbar.

Um die Muskeln an der Streckseite des Vorderarmes zu prüfen, beuge man den Ellenbogen des Patienten und stelle die Hand desselben in leichte Pronation. Man reizt dann den

M. brachioradialis (supinator longus) am radialen Übergang von der Streck- auf die Beugeseite des Antibrachiums, etwa auf der Höhe seines Muskelwulstes. Diesen Muskelwulst sieht man sofort scharf vorspringen, wenn man den Patienten auffordert, den Ellenbogen in der Mitte zwischen Pronations- und Supinationsstellung zu beugen, und dieser Beugung Widerstand leistet. Die Wirkung der elektrischen Reizung ist Beugung im Ellenbogengelenk und eine leichte Pronation der Hand (der Name Supinator longus ist falsch). Um die Pronation besser zu sehen, gebe man der Hand des Patienten eine leicht supinierte Stellung. Auch unterhalb der Ellenbogenbeuge an der Vorderseite das Antibrachiums findet sich ein sehr erregbarer Punkt dieses Muskels.

M. supinator (brevis), an der Streckseite des Vorderarms, etwas distal von der Stelle, wo der palpierende Finger bei Pronations- und Supinationsbewegungen das sich hin- und herdrehende Radiusköpfchen fühlt. Er macht scharfe Supination. Es ist bei diesem oft schwer erregbaren Muskel, der von anderen Muskeln bedeckt wird, ganz besonders häufig zu beobachten, daß er bei vielen Personen nur auf einen der beiden faradischen Pole (bald die An, bald die Ka) reagiert, während man bei Anwendung des anderen Poles von derselben Stelle aus einen anderen Muskel, z. B. einen der Handgelenkstrecker, erhält.

---

*) Da bei Lähmung der Interrossei (Ulnaris-Lähmung) die Antagonisten überwiegen, tritt Überstreckung der ersten und Beugung der letzten Phalangen (Klauenhand) ein.

Zwischen den Punkten für die beiden letztgenannten Muskeln, näher dem erregbarsten Punkte des Brachioradialis, liegt der Punkt des

M. extensor carpi radialis longus, sehr weit proximal am Vorderarm; er streckt das Handgelenk und bewegt es gleichzeitig radialwärts.

Sein Gegenstück ist am ulnaren Rande der

M. extensor carpi ulnaris, ziemlich nahe dem Ulna-Rande, etwa vier Fingerbreiten distal vom Olecranon; er streckt das Handgelenk ebenfalls, bewegt es aber ulnarwärts.

Der Punkt des dritten Handgelenkstreckers, desjenigen, der das Handgelenk ziemlich gerade nach aufwärts streckt, des

M. extensor carpi radialis brevis, liegt nahe dem radialen Rande des Vorderarms und etwa vier Fingerbreiten distal von dem Punkte des langen Radialstreckers. Er ist nicht immer vom M. extensor digitorum communis getrennt zu erregen.

M. extensor digitorum communis, an der Vorderarmstreckseite, etwa fingerbreit unter dem Punkte für den M. supinator, aber auch gewöhnlich noch an einem zweiten, fast 3 Fingerbreiten distal davon gelegenen Punkte: streckt die ersten Phalangen der Finger und übt auf das Handgelenk eine extendierende Wirkung aus. — Seine zu den einzelnen Fingern gehenden Teile können auch isoliert gereizt werden (s. die Figur); ziemlich konstant erregbar ist besonders der Teil, der den zweiten Finger streckt (dicht proximal neben dem Reizpunkte des M. abductor pollicis longus). Bei Entartung des Fingerstreckers, z. B. bei Bleilähmung oder Radialis-Schlaflähmung, werden von seinem Punkte gewöhnlich durch Stromschleifen die Fingerbeuger erregt. Bei Bleilähmungen und dgl. kommt es auch oft vor, daß nur einige Teile von ihm pathologische Reaktion zeigen, bezw. ganz unerregbar werden (meistens die mittleren), während die übrigen intakt bleiben. — Besonders ist noch zu erwähnen der mit ihm nicht zusammenhängende und meistens verdeckt liegende

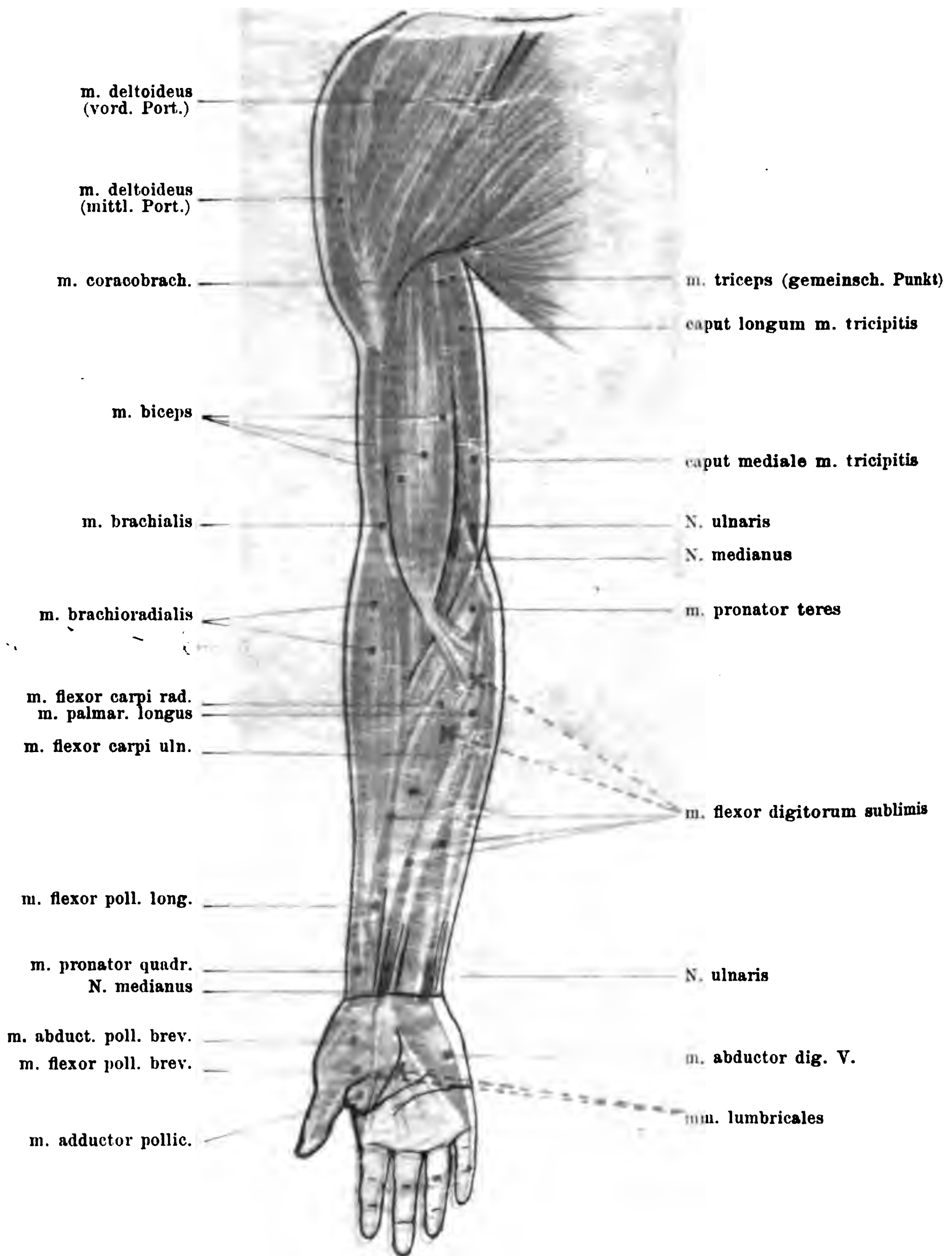
M. indicator (oder extensor indicis proprius), meist sehr weit distal und ulnar, etwa 2 Fingerbreiten oberhalb des Capitulum ulnae reizbar (streckt den Zeigefinger kräftig), und der

M. extensor digiti quinti proprius, nach oben und etwas radial von ihm: streckt den kleinen Finger und abduziert ihn ein wenig.

Die Daumenstrecker (Extensor pollicis longus und brevis) und der Abductor pollicis longus, erregbar nahe dem radialen Rande der Streckseite, etwa vier Fingerbreiten über dem (d. h. proximal vom) Handgelenk (hier meistens der Abduktor allein), sowie auch distal und ein wenig ulnar von dem genannten Punkte. Diese Muskeln, von denen der Abductor longus und der Extensor brevis die sog. „Tabatière" radialwärts, der Extensor longus ulnarwärts begrenzen, bewegen den Daumen in folgender Weise:

Der Extensor pollicis longus extendiert den Daumen und den ersten Metacarpalknochen und führt ihn zum zweiten hin.

Fig. 19.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

Der Extensor brevis abduziert den ersten Metacarpus und streckt die erste Daumenphalanx (bei gebeugter zweiter).

Der Abductor longus bewegt (bei leicht gebeugten Daumenphalangen) den ersten Metacarpus nach vorn und außen. Sie sind oft schwer zu isolieren. (Näheres s. in der Figur).

An der Beugeseite des Vorderarmes reizt man die Muskeln, indem man den im Ellbogen gebeugten Arm in halbe Supination stellt. Am meisten ulnar liegt die vom Epicondylus medialis und in dessen Nähe entspringende Handbeuger- und Pronatorengruppe:

der Flexor carpi ulnaris, am weitesten ulnarwärts dicht an der Ulnakante, also bei der supinierten Haltung des hängenden Arms an der Rückseite des Vorderarms, ziemlich dicht unterhalb des Olecranon. Beugt die Hand ulnarwärts. Proniert nicht.

An der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel der Vorderarmbeugeseite, im ulnaren Teile reizt man den M. palmaris longus; er beugt die Hand ziemlich gerade schwach nach oben. Seine Sehne springt scharf in der Mitte der Handbeuge hervor, wenn man ihn isoliert hat. Er fehlt nicht selten gänzlich. Oft ist er schwer zu trennen vom

M. flexor carpi radialis, dessen Punkt noch ein wenig mehr radial und oft auch etwas mehr ellenbogenwärts liegt. Er beugt das Handgelenk und dessen radiale Seite stärker als die ulnare, dabei proniert er auch. Seine Sehne springt ebenfalls in der Handbeuge vor und zwar radialwärts von der des Palmaris longus. Zwischen diesen beiden Sehnen ist oft nur ein enger Zwischenraum.

Unweit von diesen drei Handgelenkbeugern, welche drei Handgelenkstreckern an der Extensorenseite entsprechen, liegt — und zwar am meisten proximal und radial — der erregbarste Punkt des

M. pronator teres, meistens dem Ulnarrande der Beugeseite sehr nahe und nur wenig unterhalb oder direkt in der Beugelinie des Ellenbogengelenks. Die Lage dieses Punktes zeigt bei verschiedenen Personen ganz besonders oft Verschiedenheiten. Der Muskel proniert scharf und bis zur äußersten Grenze, ohne das Handgelenk oder die Finger zu bewegen. Dadurch kann man seine Wirkung besonders von der des oft nahe gelegenen N. medianus unterscheiden, von dem aus übrigens auch eine Reizung der Daumenballenmuskeln zu erfolgen pflegt.

Außer diesen Muskeln, die zu isolieren und in ihrer Wirkung zu erkennen für den Anfänger oft keine leichte Aufgabe ist, sind an der Vorderarmbeugeseite zu merken:

M. flexor pollicis longus, im unteren Drittel dieser Seite ziemlich dicht am Radialrande. Macht Beugung der Endphalanx des Daumens.

Die Mm. flexores digitorum, sublimis und profundus, von denen der erstere die zweiten, der letztere die dritten Fingerphalangen beugt, sind zerstreut an mehreren Punkten im oberen, mittleren und unteren Vorderarmdrittel zu treffen, besonders leicht der sublimis. Den oberflächlichen Beuger des Zeigefingers speziell findet man häufig,

wenn man die Elektrode mit einem gewissen Druck zwischen die am Handgelenk vorspringenden Sehnen des Pronator teres und Flexor carpi radialis setzt, etwa drei bis vier Finger breit über dem Gelenk. (Im übrigen s. die Figuren.)

An besonders kräftigen Armen kann man in der Gegend der Radialpuls-Palpation den M. pronator quadratus reizen. Einen zweiten Reizpunkt für diesen Muskel findet man (nach Frohse und Fränkel), wenn man an der Vorderarmstreckseite ziemlich dicht über dem Handgelenk einen starken Elektrodendruck in die Tiefe ausübt.

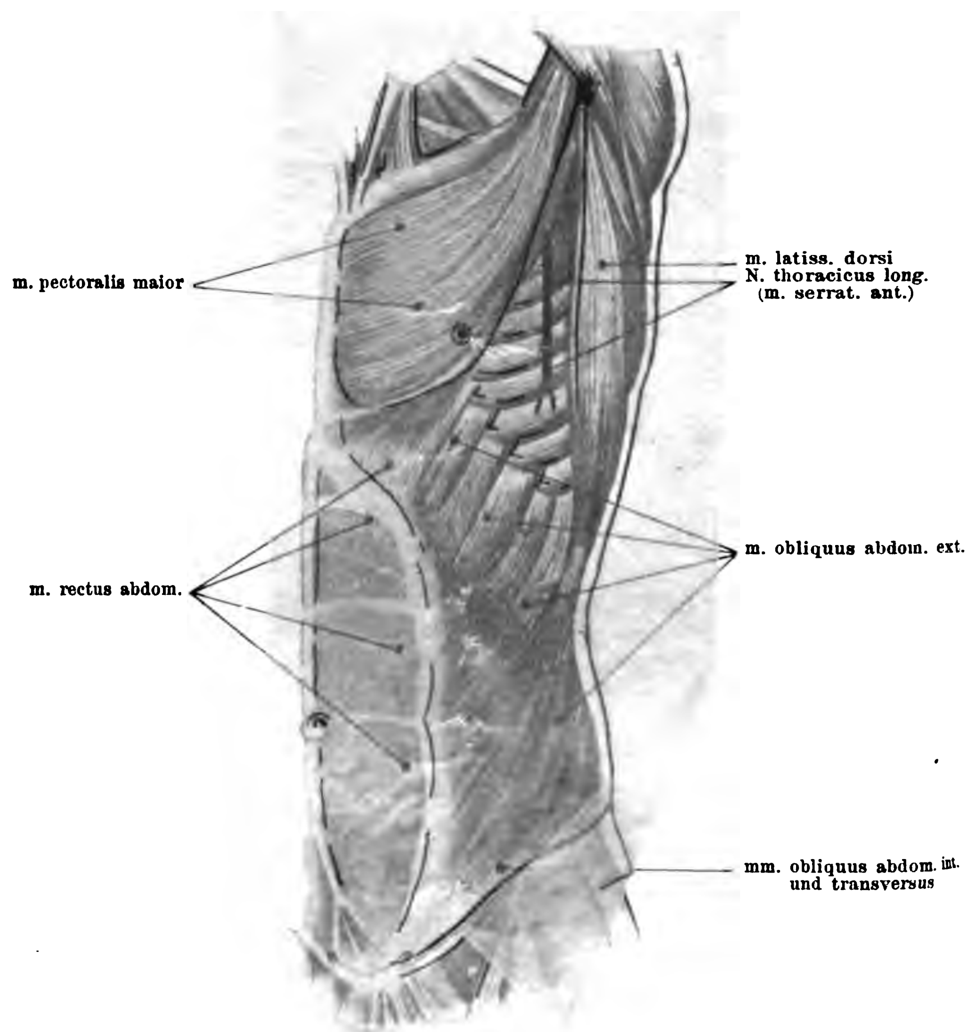
Am Oberarm erregt man den M. biceps in passiver, leichter Beugestellung des Ellbogens und schwacher Pronation der Hand; sein erregbarster Punkt liegt meist auf der Höhe seines Muskelwulstes, ein besonderer Punkt für den langen Kopf nach außen und unten, einer für den kurzen Kopf nach innen und oben davon. Es ist ein sehr erregbarer Muskel, dessen Wirkung kräftige Ellbogenbeugung und eine leicht sichtbare Vorderarmsupination ist; also teils Mitwirker, teils Gegenwirker des Brachioradialis, der den Ellbogen beugt und den Vorderarm proniert. Der dritte Ellbogenbeuger, der

M. brachialis (internus), der den Ellbogen gerade aufwärts beugt, ist an der Innenseite des Biceps unter normalen Verhältnissen gewöhnlich nicht zu isolieren, weil entweder dieser oder die Nervenstämme im Sulcus bicipitalis internus auf die Reizung antworten. Sein Punkt liegt unter (hinter) dem Biceps, etwa im unteren Oberarmdrittel innen. Wenn man aber den Biceps hochhebt und die Elektrode darunter schiebt, kann man ihn mitunter reizen. Regelmäßiger erregbar ist er an dem in der Fig. 18 bezeichneten Punkt außen vom Biceps, zwischen diesem, dem Triceps und dem oberen Rande des Brachioradialis. Man sieht dann schwache Beugung eintreten. Diesen drei Ellbogenbeugern entspricht ein dreiteiliger Ellbogenstrecker, der

M. triceps. Der gemeinschaftliche Punkt für seine drei Capita liegt ganz oben und innen am Oberarm, nahe der Achselhöhle, ein gemeinschaftlicher Punkt für das Caput mediale und laterale etwa handbreit über dem Olecranon, also etwa an der Grenze seines unteren und mittleren Drittels. Die drei Capita, Caput longum, C. internum und C. externum, sind teils von innen, teils von hinten her auch getrennt zu reizen. Der erregbarste Punkt des M. anconaeus (quartus) findet sich nicht auf dem Muskel selbst, sondern am Oberarm an der in der Figur angegebenen Stelle. — Man sieht die Triceps-Wirkung am besten, wenn der Ellbogen schon in halber passiver Streckung steht.

Der M. deltoideus wird wiederum in drei Portionen erregt, 1) vordere Portion, unweit unterhalb des Processus coracoideus, nahe dem innersten Rande des Muskelwulstes. Er ist gut erregbar und hebt den Humerus nach vorn; — 2) mittlere Portion, lateral vom vorigen, senkrecht über dem Ansatzpunkt, etwas unterhalb der Mitte des Muskelwulstes. Hebt den Humerus mäßig kräftig nach

Fig. 20.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

der Seite; — 3) hintere Portion, hinter dem vorigen, aber wiederum etwas weiter nach oben. Hebt den Humerus schwach nach hinten. Die beiden letzten Portionen sind viel weniger erregbar als die erste.

Die Muskeln des Rumpfes.

(s. Fig. 20 auf der Tafel.)

Die Muskeln des Rumpfes.

Die Rumpfmuskeln sind bis auf wenige Ausnahmen schwer erregbar; man braucht starke faradische Ströme, um deutliche Wirkungen zu sehen. Da aber einige von ihnen, z. B. die Schulterblattmuskeln, große praktische Bedeutung haben, so lohnt es sich für den Praktiker wohl, sich um das Aufsuchen dieser Punkte zu bemühen.

M. cucullaris oder trapezius. Man kann drei Portionen unterscheiden: 1) Die obere Portion, am besten von vorn her am oberen Rande der Supraclaviculargrube, oberhalb des Accessorius-Punktes erregbar oder auch von der Hinterseite am alleroberstenTeile des Muskels. Wirkung: vorwiegend Neigung des Hinterkopfes nach der gereizten Seite mit Hebung des Kinns nach der entgegengesetzten; nur geringfügige Wirkung auf die Schulter. Diese Muskelportion gehört zu den am leichtesten erregbaren Punkten des Körpers. 2) Die mittlere Portion, etwa im Höhenniveau der Spina scapulae — oder auch mehr oberhalb — etwa in der Mitte zwischen innerem Schulterblattrand und Wirbelsäule. Wirkung: kräftige Hebung der Schulter. 3) Untere Portion, einige Finger breit unterhalb des vorigen Punktes erregbar. Wirkung: Adduktion des Schulterblattes an die Wirbelsäule. Die zweite und dritte Portion des Muskels sind meist nur bei stärkeren Strömen zu reizen.

M. latissimus dorsi (s. Fig. 18 u. 20), am besten bei herabhängendem Arm innen vom unteren Scapulawinkel an der Stelle zu reizen, wo der Muskelwulst, nach der Achselhöhle zu ziehend, die seitliche Thoraxwand erreicht. Er adduziert den herabhängenden Humerus an den Thorax und zieht ihn nach hinten.

M. supraspinatus, nahe dem äußersten Winkel der Fossa supraspinata, nur dann erregbar, wenn der Cucullaris atrophisch ist. Sein Nervenpunkt ist von der Supraclaviculargrube aus gelegentlich zu erregen.

M. infraspinatus (s. Fig. 18). im Gegensatz zum vorigen bei den meisten Personen mit mittleren Strömen erregbar; etwa in der Mitte der Fossa infraspinata. Er ist ein kräftiger Auswärtsroller des Humerus und unterstützt somit die Supinationsbewegung der oberen Extremität. Bei frei herabhängendem Arm und leicht gebeugtem und unterstütztem Vorderarm kann man die Wirkung durch elektrische Reizung schön demonstrieren.

Mm. rhomboidei, der direkten elektrischen Reizung bei intaktem Cucullaris nur an einer kleinen Stelle zugänglich, nämlich in der zwischen dem seitlichen Cucullarisrand, dem oberen Latissimusrand und dem medialen Schulterblattrand gelegenen Lücke (indirekte Reizung s. oben S. 37). Sie ziehen die Scapula schräg von unten-außen nach

oben-innen an die Wirbelsäule, indem sie den unteren Winkel des Schulterblatts heben.

Mm. teretes, lokaler Reizung zugänglich (s. Fig. 14). M. subscapularis unter normalen Verhältnissen nicht erregbar, ebensowenig gewöhnlich der Serratus posticus. Den Nerven für den M. subscapularis kann man mitunter von der Supraclaviculargrube aus isoliert reizen.

M. erector trunci, mit starken Strömen zwischen letzter Rippe und oberem Darmbeinrand oft, aber schwer erregbar. Wirkung: Neigung der Wirbelsäule nach der gereizten Seite. —

M. serratus anterior, dessen indirekte Reizung von der Oberschlüsselbeingrube schon oben (S. 37) erwähnt ist, ist in der Achselhöhle in einer dem Nervenverlauf entsprechenden, etwa den Höhlenwinkel halbierenden Linie erregbar. Wirkung: Vorspringen seiner Zacken, Andrücken der Scapula an den Thorax, stoßartige Hebung der Scapula und Bewegung derselben nach außen-vorn.

M. pectoralis maior (indirekte Erregung von den Nn. thoracici anteriores s. S. 37), direkt an mehreren Stellen der vorderen Brustwand reizbar, näher seinem Ursprung (an der Clavicula, am Sternum und an den Rippen) als seiner Insertion. Wirkung: Adduktion des Humerus an den Thorax.

Mm. intercostales, am oberen Rande der Intercostalräume mit einer Elektrode von sehr kleinem Querschnitt zu reizen; elektrische Erregung praktisch unwichtig und schwer.

M. rectus abdominis, am Außenrande seines Muskelbauches, also etwa 3—4 Querfinger lateral von der Medianlinie; besonders erregbar ist meist ein Punkt unweit der Stelle, wo der Muskelaußenrand den Rippenbogen erreicht. Wirkung der Reizung: Einziehung des Bauchs auf der gereizten Seite.

M. obliquus abdominis externus, weiter nach außen vom letztgenannten Punkte, am Rippenbogen, unwichtig. Wirkung der Reizung: Verziehung des Nabels nach der gereizten Stelle zu.

Am untersten Teile der seitlichen Bauchgegend kann man eine gemeinsame Reizung des M. obliquus abdominis internus und des M. transversus abdominis vornehmen.

M. ileopsoas ist wegen seiner Tieflage der elektrischen Reizung nicht zugänglich.

Die Nerven und Muskeln der unteren Extremität.

(s. Fig. 21—24 auf den Tafeln.)

Die Nerven und Muskeln der unteren Extremität.

An der unteren Extremität ist das Aufsuchen der erregbarsten Punkte insofern schwieriger als an der oberen, als — abgesehen von dem größeren Reichtum an Varianten — häufig eine viel dickere Schicht (Haut, Bindegewebe, besonders Fett) zwischen Elektrode und Nerv bezw. Muskel sich befindet, sodaß bei der Neigung des elektrischen Stromes zur Schleifenbildung ein großer Teil des Stromes in dem gut leitenden Zwischengewebe bereits verloren geht, ehe ein Bruchteil den Muskel oder Nerven erreicht. Es bedarf deshalb, namentlich am Ober-

Fig. 21.

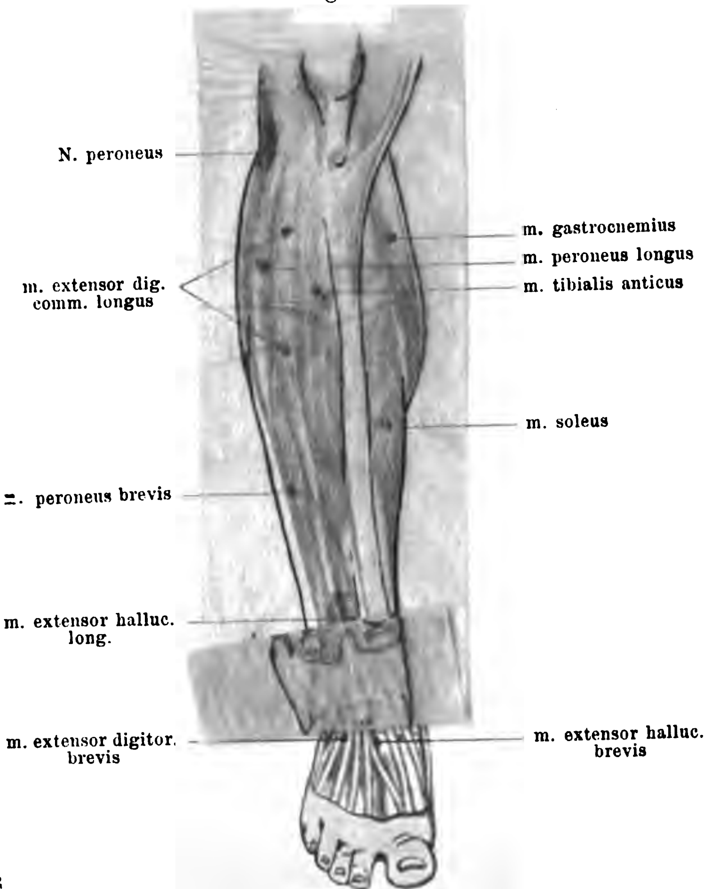
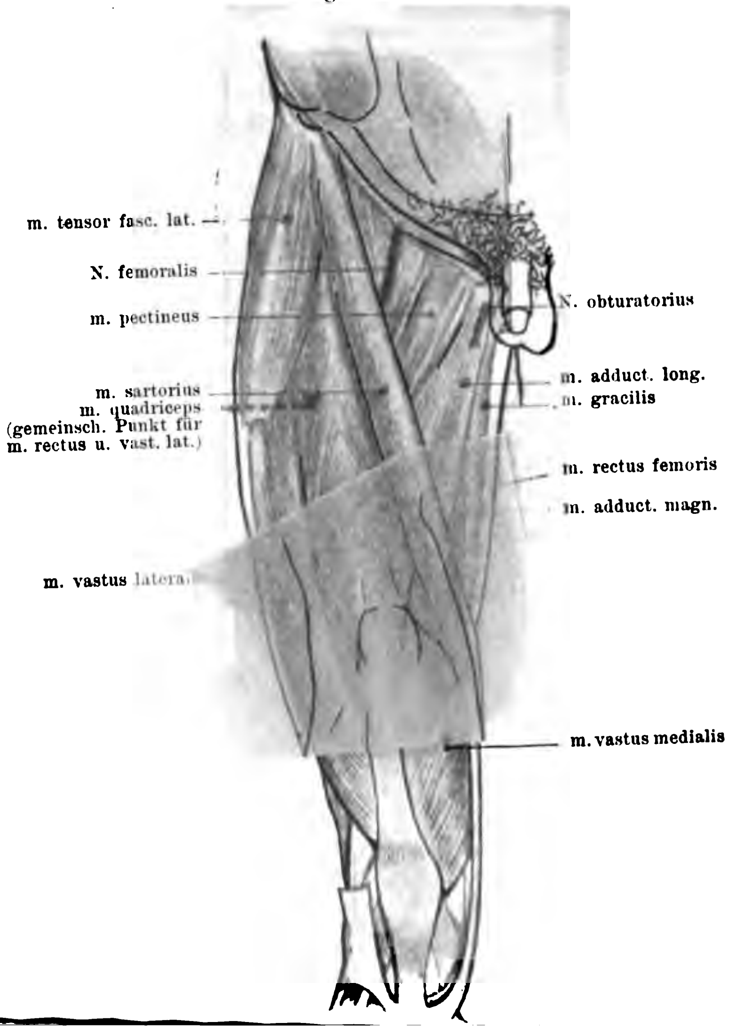


Fig. 22.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

schenkel, häufig großer Stromstärken, um sichtbare Wirkung zu erzielen, und einige sehr tiefliegende Punkte sind bei vielen Individuen überhaupt nicht zu treffen.

Über die Stellung, die man dem zu untersuchenden Bein gibt, um schlaffe Muskeln vor sich zu haben, s. oben S. 31. Am bequemsten ist es, wenn man beim Apparat ein Sofa, einen Divan oder dergl. hat, auf welchem der Patient während der Untersuchung der Beinvorderseite in Rückenlage, der Beinhinterseite in Bauchlage liegt. — Von Nervenpunkten sind zu nennen:

N. femoralis, am Ende des inneren Drittels des Poupartschen Bandes, mit kräftigem Druck der Elektrode nach oben, außen und hinten unschwer erregbar. Wirkung: Kontraktion des M. quadriceps femoris und des M. sartorius (starke Streckung des Beins im Knie).

N. obturatorius, schwieriger als der vorige, innen dicht neben der Symphyse zu reizen, mit aufgedrückter Elektrode und kräftigen Strömen. Wirkung: Kontraktion der Adduktoren.

N. ischiadicus, an der Hinterseite des Oberschenkels, gewöhnlich nur bei mageren Personen mit starken Strömen und tiefem Elektrodendruck zu erhalten. Wenn man vier Finger breit lateral vom Tuber ossis ischii, zwischen ihm und dem Trochanter maior zur Mitte der Kniekehle eine Linie gezogen denkt, so ist der Nerv, wenn überhaupt, an einer Stelle dieser Linie (häufiger in ihrem obersten Teile) zu treffen. Wirkung: Beugung des Unterschenkels und Dorsal- resp. Plantarflexion des Fußes. Unterschenkelbeugung allein könnte auch durch direkte Reizung der benachbarten Muskeln hervorgerufen sein.

Die Äste des Ischiadicus sind viel erregbarer als der Stamm, besonders leicht reizt man den

N. peroneus, im äußeren Winkel der Kniekehle, indem man die Elektrode (event. bei Rückenlage des Patienten und) bei leicht gebeugtem Knie dicht am Innenrande der Sehne des M. biceps femoris aufsetzt und den Druck in der Richtung nach außen unter die Sehne zu führt. Auch von da nach unten bis zum Capitulum fibulae und noch etwas abwärts kann man diesen sehr erregbaren Nervenpunkt finden. Die Wirkung ist eine brüske Dorsalflexion des Fußes in ziemlich gerader Richtung mit Vorspringen der Muskelbäuche und Sehnen an der Vorderaußenseite des Unterschenkels und dem Dorsum pedis (Mm. peronei longus und brevis, Mm. extensores digitorum communes longus und brevis, tibialis anticus, extensor hallucis longus).

N. tibialis: 1) In der Mitte der Kniekehle oder ein wenig darüber, ziemlich oberflächlich und leicht, wenn auch nicht so leicht wie der vorige, zu erregen. Wirkung: Kontraktion der Muskeln an der Hinterseite des Unterschenkels und der Planta pedis: Kräftige Plantarflexion, Beugung der Zehen. Man achte auf die Zehenbeugung oder die Runzelung der Fußsohlenhaut, die die Reizung dieses Nerven gewöhnlich begleitet. Wenn sie nicht da ist, überzeuge man sich, ob die gesehene Wirkung nicht auf Reizung des Muskelastes für den Triceps surae zurückzuführen ist. 2) Ein Punkt, von dem man oft

eine alleinige Wirkung der Fußsohlenmuskulatur erhält, liegt unweit des Malleolus internus, nach innen von der Achillessehne.

Die Muskeln der unteren Extremität, die zu erwähnen sind, sind folgende: an der Vorderseite:

M. quadriceps femoris. Gemeinsame Reizung des lateralen und geraden Kopfes, meist oben an der Außenseite des Oberschenkels, etwa am Ende des oberen Drittels des Femur: Streckung des Knies, Bewegung der Patella ziemlich gerade aufwärts. Gut erregbar. Einzelreizung des Astes für den

M. vastus medialis etwa vier Fingerbreiten über der Patella, also ziemlich weit distal, an der Innenseite des Muskelwulstes; sehr leicht erregbar. Wirkung: Bewegung der Patella nach oben und innen.

M. vastus lateralis, an der Außenseite des Muskelwulstes, aber in einem höheren Niveau als der vorige; gewöhnlich nicht so leicht wie dieser erregbar. Wirkung: Bewegung der Patella nach oben-außen.

Auch der M. rectus femoris kann medial und unterhalb vom gemeinsamen Punkte isoliert werden.

M. sartorius, etwa im oberen Drittel seines Muskelbauches oft isoliert zu reizen. Bei einigermaßen starken Stömen wird durch Mitkontraktion des Quadriceps die Isolation vereitelt. Wirkung der elektrischen Reizung: Vorspringen des Muskelbauches; ein lokomotorischer Effekt ist gewöhnlich nicht zu erzielen.

Mm. adductores, in dem großen, vom Sartorius und der Leistenbeuge begrenzten Adduktorendreieck an verschiedenen Punkten. Adduzieren kräftig. Es ist oft nicht leicht, aber auch nicht wichtig, sie zu isolieren. (S. Fig. 22 und 24, wo die einzelnen Punkte angegeben sind.)

M. tensor fasciae latae, am Außenrande des Oberschenkels hoch oben, unweit unterhalb der Crista ossis ilei. Bei starken Strömen sieht man von dort aus Spannung der Fascie und mitunter schwache Innenrotation des Beins.

M. tibialis anticus, am Unterschenkel, außen dicht neben der Tibia-Kante, gewöhnlich etwa zwei bis drei Finger breit unterhalb der Kniescheibe. Wirkung: Hebung des inneren Fußrandes. Man sieht bei nicht zu starkem Fettpolster den Muskelbauch und die Ansatzsehne am äußeren Tibia-Rande vorspringen. Fast regelmäßig und unschwer erregbar.

M. peroneus longus, etwa in demselben Höhenniveau, aber ganz außen unter dem Capitulum fibulae. Ebenfalls fast regelmäßig zu reizen. Wirkung: Senkung des inneren Fußrandes, Herabdrücken des Ballens der großen Zehe. (Letzteres fühlt man gut, wenn man während der elektrischen Reizung mit seiner eigenen Hand den Großzehenballen des Patienten nach oben drückt.) Eine eigentliche Abduktion macht dieser Muskel nicht.

M. peroneus brevis, kann geradlinig darunter an der Grenze von mittlerem und unterem Drittel des Unterschenkels bei ziemlich

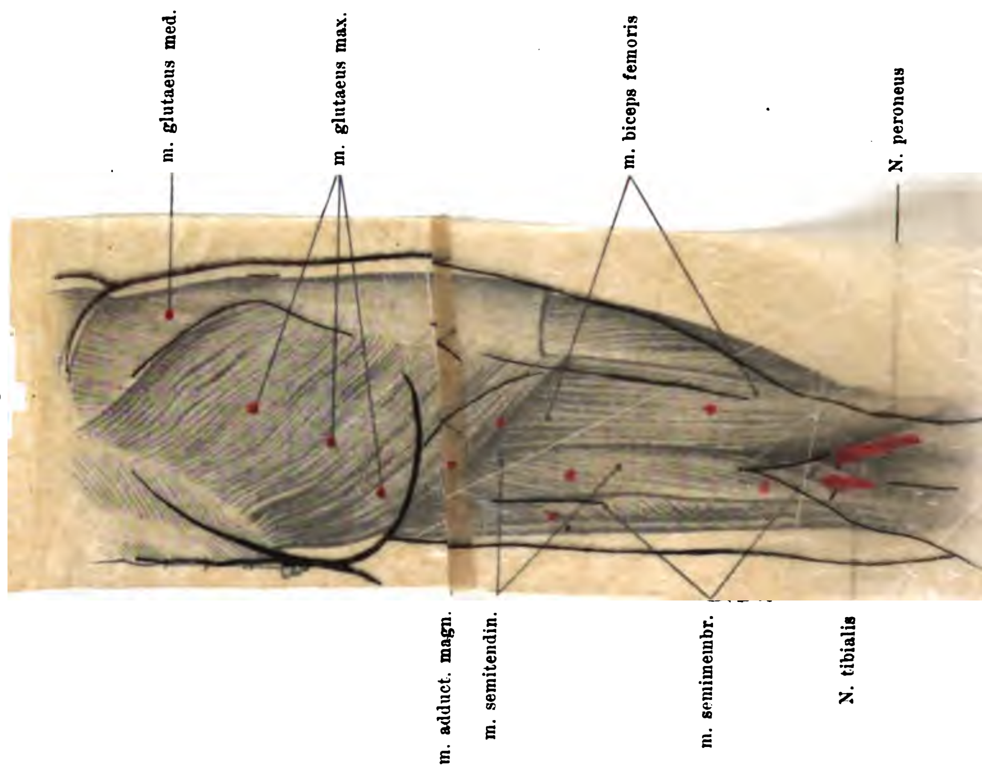


Fig. 24.

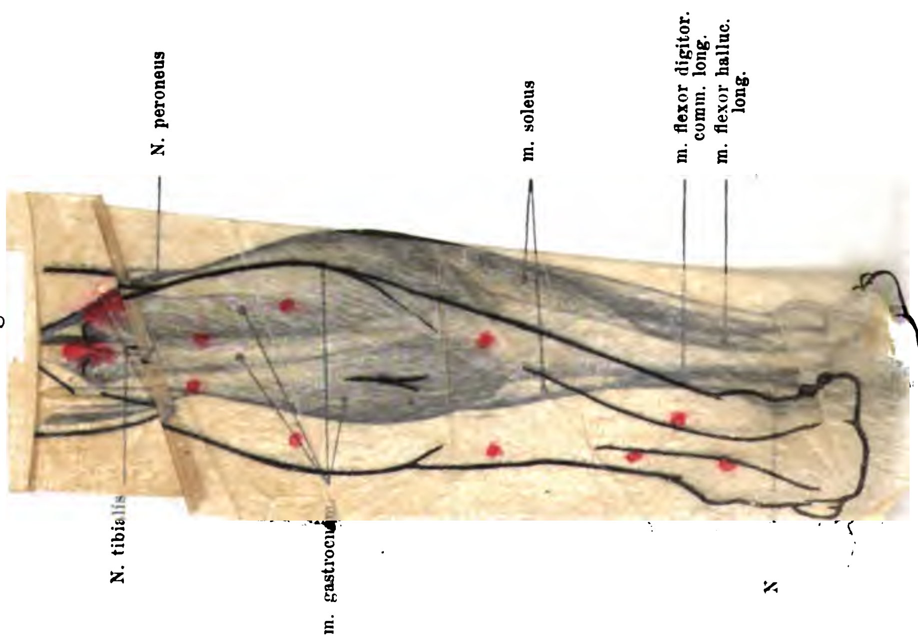


Fig. 23.

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

starken Strömen nicht selten erregt werden. Macht eine reine, aber schwache Abduktion des Fußes.

M. extensor digitorum communis longus, zwischen Tibialis anticus und Peroneus longus etwa in der Mitte, aber weiter distal, etwa handbreit unter der Patella, nicht regelmäßig zu isolieren. Macht eine Fußabduktion und -dorsalflexion und streckt die Zehen schwach, wobei die gefächerte Sehne am Fußrücken und über dem Gelenk vordringt. Bei kräftigen Personen ist ein zweiter, oft sogar noch besserer rregungspunkt oberhalb des Punktes des M. peroneus longus, zwischen sem Muskel und dem M. tibialis anticus zu finden.

M. extensor hallucis longus, an wechselnder Stelle oberhalb s Fußgelenks, innen sehr nahe der äußeren Tibia-Kante; ebenfalls cht regelmäßig isolierbar. Wirkung: Streckung der Grundphalanx es Hallux.

M. extensor digitorum communis brevis, auf dem Fußücken in der Nähe der Fußgelenkbeuge ziemlich weit außen von der Fußmittellinie, streckt die Zehen kräftig. Bei galvanischer Reizung ist seine Zuckung oft auch bei Normalen nicht ganz blitzartig.

Den M. extensor hallucis brevis reizt man ebenfalls auf dem Fußrücken, medial von dem Zehenstrecker.

M. abductor digiti minimi; außen von der kleinen Zehe zu reizen, abduziert diese Zehe. Unwichtig; ebenso die Mm. interossei (letztere wie an der oberen Extremität).

An der Rückseite der unteren Extremität ist zu merken:

M. glutaeus maximus, an mehreren Punkten seines Wulstes ziemlich gut erregbar, am leichtesten etwa in der Mitte. Wirkung der elektrischen Reizung: Hebung und Adduktion der Hinterbacke.

M. glutaeus medius, bei manchen Personen, aber keineswegs regelmäßig, etwas oberhalb des vorspringenden Trochanter maior, unterhalb der Crista ossis ilei mit starken Strömen zu reizen, relativ am besten, wenn der Patient stehend sich auf beide Hände und das nicht untersuchte Bein stützt, während das untersuchte schlaff herabhängt. Wenn die Reizung gelingt, sieht man Hüftstreckung und Beinabduktion.

Von den drei Unterschenkelbeugern findet man die

Mm. semitendinosus und semimembranosus nahe dem Oberschenkelinnenrand, ziemlich in der Mitte des Oberschenkels; den

M. biceps femoris meistens nur wenig nach außen davon. Für den M. semimembranosus und den kurzen Kopf des M. biceps finden sich auch Reizpunkte unweit oberhalb der Kniekehle.

Diese drei Muskeln bedürfen zu ihrer Reizung gewöhnlich starker Ströme. Die Wirkung der Reizung ist in der Regel nur ein Vorspringen ihrer Muskelbäuche und Sehnen, der Sehne des Biceps am Außenrande, derer der Semimuskeln am Innenrande der Kniekehle. Von Unterschenkelbeugung sieht man bei elektrischer Reizung gewöhnlich nichts oder nur sehr wenig.

M. gastrocnemius, an mehreren Punkten unterhalb der Kniekehle, gewöhnlich besser in seinen oberen und seitlichen Teilen als in den unteren und mittleren erregbar. Man sieht, daß er den Fuß plantarflektiert, wobei der Fuß mit den Zehen nach innen gedreht wird.

M. soleus, unterhalb an den vom Gastrocnemius nicht bedeckten Seitenteilen nicht selten isolierbar (s. Fig. 23).

M. flexor hallucis longus, außen neben der Achillessehne an deren unterstem Teil, beugt das Endglied der großen Zehe.

M. flexor digitorum communis longus, innen dicht beim unteren Tibialis-Punkt neben der Achillessehne, beugt die Zehen.

Die Muskeln der Planta pedis sind (bis auf den gewöhnlich gut erregbaren M. abductor hallucis) nur in den seltensten Fällen und nur mit starken Strömen isolierbar. Da sie auch ein praktisches Interesse wohl nur selten beanspruchen, dürfen sie unerwähnt bleiben.

Gang der Untersuchung.

Der Gang einer elektrischen Untersuchung ist nach dem oben Gesagten der folgende:

Nehmen wir als einfachstes Beispiel die Erkrankung eines einzelnen Muskels einer Körperhälfte, z. B. des linken M. extensor digitorum communis brachii, so beginnt die Untersuchung an der gesunden Körperseite damit, daß man den gesunden, also in unserem Beispiel den rechten Extensor digitorum communis aufsucht: Man setzt eine indifferente, gut mit warmem Wasser durchtränkte Platten-Elektrode aufs Sternum oder in die Gegend des Os sacrum oder an den Nacken (wozu besondere, zweckmäßig konstruierte Nacken-Elektroden (Fig. 25) verwendet werden können). Diese Elektrode hält der Patient entweder mit der nichtuntersuchten Hand am Sternum fest, oder sie wird im Rockkragen resp. in den die Hüfte umgebenden Kleidungsstücken so befestigt, daß sie der Haut direkt aufliegt. (Man beachte, daß sich nicht etwa Teile der Kleidung dazwischen schieben.) Von Zeit zu Zeit muß man im Laufe längerer Untersuchung nachsehen, ob die Elektrode genügend befeuchtet ist. Es genügt nicht ein bloßes einmaliges Eintauchen in Wasser, sondern es ist (zumal bei neuen Elektroden) eine völlige Durchtränkung erforderlich. Auch überzeuge man sich, daß die Elektroden-Schraube das Ende der Leitungsschnur gut faßt, und daß auch das andere Ende der Leitungsschnur fest verschraubt ist. — Sodann wählt man die Reizelektrode, die am besten immer mit einem Unterbrecher versehen ist. Ihr Querschnitt sei zu Untersuchungszwecken gewöhnlich 3 qcm (Normalelektrode nach Stintzing s. S. 32); nur an einigen Punkten, die im oben Besprochenen besonders genannt sind, ist ein kleinerer Querschnitt zweckmäßig. Der Querschnitt dieser Elektrode muß im Protokoll notiert werden, also: **E.—Q. = 3 qcm.** Auch diese Elektrode durchfeuchte man gut und überzeuge sich davon, daß der Unterbrecher gut funktioniert, daß

Fig. 25.



nicht z. B. ein am Kontakt sitzendes Wassertröpfchen oder ein eingeklemmtes Härchen u. dergl. den Betrieb insofern stört, als dadurch auch bei *geöffnetem* Unterbrecher ein dauernder Stromschluß oder bei *geschlossenem* eine dauernde Unterbrechung herbeigeführt wird.

Dann leite man durch die gemeinsamen Polklemmen den faradischen (sekundären) Strom (s. S. 16), indem man 1) die Kurbel des Wechselapparats auf S rückt, 2) den Rheostaten ganz ausschaltet und 3) auf dem Klötzchen bei J stöpselt, wonach sofort das (durch den *Wagner-Neef*schen Hammer hervorgerufene) schnurrende Geräusch beginnt. Der Abstand der sekundären von der primären Rolle sei dabei zunächst *maximal*, also der Strom *minimal*. Nun setze man die Reizelektrode auf den zu untersuchenden Muskel geöffnet auf, indem man nämlich mit dem Daumen auf dem Unterbrecherhebel die Feder herunterdrückt. Man fasse die Elektrode dabei in die volle Faust, *nicht* schreibfederartig oder dergl. — Man setze sie zunächst auf den Punkt des Muskels, der vermutlich oder erfahrungsgemäß (siehe die Tafeln, Fig. 17—24) der erregbarste ist; und indem man mit der freien Hand die sekundäre Rolle langsam über die primäre schiebt und somit den Strom allmählich verstärkt, führe man mit der bewaffneten Hand unter Benutzung des Unterbrechers, nämlich durch rasches Loslassen des Daumens von der Unterbrecherfeder, auf verschiedenen Etappen des Rollenabstands Schließungen aus und überzeuge sich jedesmal, ob der Muskel schon reagiert, d. h. ob eine Zuckung erfolgt. Daß der Muskel entspannt sein muß, ist oben (S. 31) schon betont worden, wo auch die Wege, um das zu erzielen, angegeben sind.

Anm. Der Pol, dessen man sich zur faradischen Reizung bedient, sei, obwohl es im allgemeinen nicht wichtig ist darauf zu achten, gewöhnlich die Kathode.

Sobald man eine Zuckung des Muskels sieht, überzeuge man sich zunächst von ihrer Qualität, also davon, ob sie *tetanisch* ist, ob sie sofort bei Stromschluß mit *einem* Rucke einsetzt und ebenso bei Stromöffnung sofort mit einem Rucke verschwindet, resp. ob irgend etwas von der Norm Abweichendes zu bemerken ist. — Der Anfänger tut besser, sowohl die Untersuchung mit dem galvanischen als die mit dem faradischen Apparat bei *nicht zu geringer Stromstärke* zu beginnen, damit er Gelegenheit hat, sich zunächst einmal vom *Vorhandensein einer Zuckung überhaupt*, und alsdann von deren *Qualität* zu überzeugen. Der Geübtere hingegen verzichte auf dieses, für die Exaktheit des Resultates nicht ganz unbedenkliche Hilfsmittel (vgl. Fußnote zu S. 54).

Alsdann suche man — durch kleine Verschiebungen der sekundären Spirale — festzustellen, ob die gesehene Zuckung tatsächlich die Minimalzuckung ist, resp. denjenigen Stand der Rollen zu finden, bei dem diese minimale, *eben sichtbare* Zuckung eintritt. Und wenn man das Gesuchte gefunden zu haben glaubt, dann prüfe man, (indem man die geöffnete Unterbrecher-Elektrode gleichsam tastend in der Nachbarschaft des eben gefundenen Punktes an verschiedenen

anderen Punkten des Muskelverlaufs aufsetzt und an jedem derselben 1—2 Schließungen macht, oder indem man die geschlossene Elektrode streichend über den ganzen Muskel führt) ob man nicht bei der vorher konstatierten, anscheinend minimalen Stromstärke an anderen Stellen noch größere, ausgiebigere Kontraktionen sieht. Die Stelle, an der die Kontraktion am kräftigsten bei der geringsten Stromstärke auftritt, ist der tatsächlich erregbarste Punkt. Diesen Punkt markiert man sich am besten durch Umziehung der aufsitzenden Elektrodenkappe mit einem dermatographischen Stift, oder man halte die Elektrode unverschoben auf dem Punkt, bis die ganze Untersuchung beendet ist. Schon eine geringe Verschiebung oder Beugung kann die Resultate verändern.

Wenn man in der geschilderten Weise die Minimalzuckung festgestellt hat, notiere man in der bald zu erwähnenden Tabelle den Rollenabstand (RA), bei dem diese Zuckung gesehen wurde, indem man ihn in Millimetern an der Skala abliest, also z. B.:

M. extensor dig. comm. rechts faradisch: 120 mm RA.

Dazu notiere man etwaige qualitative Veränderungen. Ist die Qualität normal, so kann das unerwähnt bleiben.

Nunmehr schalte man den faradischen Strom aus und leite an seiner Stelle den konstanten Strom von den gemeinschaftlichen Polklemmen ab, indem man die Kurbel des Stromwechslers auf C dreht, den Rheostaten auf 0 stellt, den Stöpsel entfernt und eine beliebige Anzahl von Elementen mittels des Elementenzählers einschaltet*); nunmehr mache man mittels des Stromwenders die Reizelektrode zur Kathode (weil ja im normalen Zustand bei Ka S die ersten Zuckungen sichtbar werden).

*) Bei erfahrungsgemäß sehr leicht erregbaren Muskeln oder Nerven wählt man im allgemeinen eine geringere Elementenzahl (5, 10, 15), bei schwerer erregbaren eine größere. Neuerdings wird jedoch auf die eingeschaltete Elementenzahl ein besonderer Wert gelegt: Dubois (Bern) hat nämlich, gegenüber den im Ohmschen Gesetz ausgedrückten Verhältnissen, in den letzten Jahren, gestützt auf zahlreiche Versuche, die Meinung verfochten, daß nicht immer die Stromintensität, also der Wert $\frac{E}{W}$, maßgebend für die Wirkung des galvanischen Stromes ist, sondern daß speziell bei Nervenreizung für die Kathodenschließung die resultierende Zuckung im „variablen Zustande", d. h. in der Phase des Anstiegs der Zuckungskurve, vom Körperwiderstande so gut wie unabhängig ist, daß sie vielmehr im wesentlichen von der elektromotorischen Kraft — der Spannung — des Stromes abhängt und in ihrer Größe durch Metallwiderstände (Rheostat u. dgl.) reguliert werden kann, während der Widerstand des Körpers in dieser Phase einen konstanten, ziemlich niedrigen Wert darstellt. So kann man beispielsweise bei voller Einwirkung von 10 Elementen dieselbe Stromstärke (in MA) erzielen wie bei partieller (durch den Rheostaten abgeschwächter) Einwirkung von 20 Elementen, und doch tritt mitunter im zweiten Falle eine Zuckung ein, im ersten nicht. Man müßte sich, wenn das richtig ist, die Wirkung einer galvanischen Kathodenschließung ähnlich denken wie die des Funkens einer Influenzmaschine (s. Kapitel 10), der ja ebenfalls in seiner Schlagweite und Wirksamkeit fast ausschließlich von der Spannung abhängt und die Widerstände der Haut, der Kleidung usw. mit Leichtigkeit überwindet, um in der Tiefe einen Effekt zu

Anm. Es ist ratsam, um Irrtümer leichter zu vermeiden, ein für allemal bei verschiedenfarbigen Leitungsschnüren die schwarze an der + Polklemme, die rote an der — Klemme zu befestigen und die Unterbrecherelektrode mit der roten Schnur zu verbinden; dann ist bei normaler Stellung der Stromwenderkurbel (auf N) die Reizelektrode die Kathode.

Dann führe man die Kurbel des Rheostaten in der Uhrzeigerrichtung langsam von Kontakt zu Kontakt, wobei man jedesmal an dem Unterbrecher Schließungen und Öffnungen ausführt, so lange bis man bei einem dieser Reizmomente (normaliter bei der Schließung) eine deutliche Muskelzuckung sieht. Und nun achte man genau auf den Charakter der Zuckung und sehe scharf zu, ob sie in der Tat blitzartig ist (s. S. 24) oder nicht. Durch leichtes Hin- und Herdrehen der Kurbel überzeuge man sich ferner, ob die Zuckung die minimale ist. Ist das nicht der Fall, so führe man die Kurbel zurück bis zu dem Punkte, von dem man eine noch eben sichtbare Kontraktion erhält, und während man nun an der über dem Muskel sitzenden Elektrode den Unterbrecher geschlossen läßt, löse man jetzt die Galvanometernadel, so daß sie frei schwingt, und lasse sie ausschwingen (was bei einem guten Apparat nach wenigen Sekunden erreicht ist). Man liest dann am Galvanometer die Stromstärke, welche die Nadel anzeigt, ab und notiert sie in der Tabelle; z. B.:

Ka SZ 1,5 MA, blitzartig (bl.) [oder prompt (pr.)].

Darauf **öffne** man den Unterbrecher durch Druck auf den Hebel*), **wende** die Stromrichtung mittels des Stromwenders, — damit hat man die Reizelektrode zur Anode gemacht — **schließe** jetzt den Unterbrecher wieder und überzeuge sich (ohne am Stande des Elementenzählers, des Rheostaten, kurz — ohne an der Stromstärke etwas zu ändern), ob bei An S oder An O jetzt schon eine Kontraktion sichtbar ist. Ist das der Fall, so führe man die Rheostatenkurbel bis zu der Stelle zurück, von welcher aus man eine minimale Zuckung bei An S oder An O sieht, und notiere die Anzahl MA, bei der das geschieht. Im andern Falle verstärke man den Strom allmählich, indem man die Kurbel in der Uhrzeigerrichtung

---

erzielen. — Trotzdem die Duboisschen Versuchsresultate noch von manchen Seiten angefochten werden, haben die Fabrikanten vielfach schon jetzt an den stationären Apparaten neben den Galvanometern (Milliampèremetern) auch Voltmeter angebracht, um neben der Messung der Stromintensität auch die der Stromspannung zu ermöglichen (s. Kap. 9). Und in der Tat empfiehlt selbst ein wissenschaftlicher Gegner Dubois', Zanietowski, außer den Milliampères bei allen Untersuchungen auch die Volts zu notieren, vor allem aber regelmäßig mit einer konstanten Anzahl von Elementen zu arbeiten und nur den Rheostaten zur Regulierung zu benützen. So große Beachtung dieser Vorschlag verdient, namentlich wo es sich um exakte Untersuchungen zu wissenschaftlichen Zwecken handelt, so reicht doch für den Praktiker das alte, einfachere Verfahren — selbst eine gewisse Ungenauigkeit zugegeben — völlig aus.

*) Ohne die Elektroden zu verschieben notabene. — Durch Wenden bei geschlossenem Strome würde 1) der Hautwiderstand, 2) die Muskelerregbarkeit verändert werden, sodaß die alsdann erhaltenen Resultate nicht ohne weiteres vergleichbar wären.

bis zum Eintritt der Minimalzuckung weiter dreht, und notiere diese Stärke; also z. B.:

An Sz 3 MA; An Oz 3,5 MA.

Auch hier muß die Form der Zuckung beachtet werden; es kommt vor, daß die An ZZ anderen Charakter zeigen als die Ka ZZ.

Jetzt öffne man den Unterbrecher wieder, wende auf die Ka zurück und stelle in derselben Weise die minimale Ka OZ resp. den Ka STe fest. Auch diese Stromstärken notiere man in der Tabelle; z. B.:

Ka STe 5 MA; Ka Oz 7 MA.

Damit ist die Untersuchung des Muskels beendet und man kann nun die Reizelektrode entfernen, nachdem man vorher alle Kurbeln und Hebel am Apparat auf die Nullpunkte resp. Ausgangsstellen zurückgeführt — „ausgeschaltet“ — hat.*)

Ganz in derselben Weise verfährt man jetzt mit dem symmetrischen Muskel der anderen Körperhälfte, wobei man nur berücksichtigen möge, daß symmetrische Muskeln nicht immer auch genau symmetrisch liegende erregbarste Punkte haben, so daß es jedesmal notwendig ist, die Untersuchung auch der zweiten Körperhälfte mit dem oben beschriebenen Aufsuchen des erregbarsten Punktes zu beginnen. Auch diese Resultate notiert man in der Tabelle, die dann etwa in folgender Weise aussehen würde:**)

	Rechts		Links	
El Q = 3 qcm	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. ext. dig. comm.	120 mm RA	Ka SZ: 1,5 MA An SZ: 3 MA An OZ: 3,5 MA Ka STe: 5 MA Ka OZ: 7 MA blitzartig		
M. ext. poll. long.				

Das Protokoll. Für praktische Zwecke ist die Untersuchung in dieser Ausführlichkeit oft überflüssig. Man wendet ein „abgekürztes Verfahren“ an, das für die große Mehrzahl der Fälle völlig ausreicht: die faradische Untersuchung wird in der oben angegebenen Weise gemacht, ebenso auch die Feststellung der Ka SZ. Alsdann wird, wie oben (der Unterbrecher) geöffnet, (der Strom mittels des Stromwenders) gewendet, (der Unterbrecher) geschlossen, und nun sieht man nur nach, ob in der Tat, wie es normaliter sein soll, die Ka SZ früher als die An ZZ,

*) Die ganze galvanische Untersuchung muß in nicht zu langsamem Tempo vor sich gehen, weil bei längerem Einwirken eines starken galvanischen Stromes durch Widerstandsveränderung die Exaktheit der Resultate beeinträchtigt wird.

**) Es gibt verschiedene Formulare für elektrodiagnostische Tabellen; die hier angeführte erscheint mir als die übersichtlichste.

d. h. ob bei dieser selben eben vorhandenen Stromstärke schon eine An Z (gleichgültig, ob An OZ oder An SZ) auftritt. Ist das der Fall, dann liegt ein nicht normales Verhalten vor, und dann muß man die minimale An Z in oben besprochener Weise feststellen und notieren. Ist das aber nicht der Fall, ist also das Verhalten normal, dann überzeuge man sich durch Vorwärtsdrehen der Rheostatenkurbel ganz im allgemeinen davon, ob überhaupt bei stärkeren Strömen eine An Z auftritt, ohne auf deren minimale Stromstärke Rücksicht zu nehmen. In diesem Falle genügt es zu notieren, z. B.:

Ka SZ 1,5 MA blitzartig, > An Z (d. h. „größer als An Z").

Das zeigt dann für praktische Zwecke hinreichend, daß die Zuckungsformel in dem vorliegenden Falle keine wesentlichen Abweichungen von der Norm bietet.

Die abgekürzte Tabelle würde also für den oben gedachten Fall lauten:

	Rechts		Links	
El Q = 3 qcm	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. ext. dig. comm.	120 mm RA	Ka SZ : 1,5 MA > An Z bl.	....	....

Besonderheiten, die während der Untersuchung auffallen, müssen ebenfalls in der Tabelle notiert werden. Darüber weiter unten näheres.

Durch Vergleichung der beiden Seiten der Tabelle wird man sich leicht über etwaige Abweichungen von der Norm orientieren können, vorausgesetzt, daß es sich um halbseitige Affektionen handelt. Bei doppelseitigen wird man die Stintzingschen Normaltabellen, wie oben auseinandergesetzt, in Anwendung bringen.

In derselben Weise verfährt man auch bei Untersuchung der motorischen Nerven. Dort hat man auch noch darauf zu achten, ob alle von dem betreffenden Nerven versorgten Muskeln auf die Nervenreizung reagieren; event. muß man notieren, welche das nicht tun.

4. Kapitel.

Die Veränderungen der Reaktion der Muskeln und motorischen Nerven.

Es ist bereits im Beginn des vorigen Kapitels erörtert worden, daß man naturgemäß drei Arten von Reaktionsveränderungen bei pathologischen Zuständen der Muskeln und motorischen Nerven unterscheidet, 1) quantitative (die Erregbarkeit im eigentlichen Sinne,

d. h. die Minimalzuckung betreffende), 2) qualitative (die Zuckungsform betreffende), 3) quantitativ-qualitative.*)

Die rein qualitativen Veränderungen der Reaktion**) sind sehr selten und sollen darum anhangsweise besprochen werden. Den Praktiker interessieren im wesentlichen 1) die rein quantitativen Veränderungen und von diesen wiederum die einfache Herabsetzung der Erregbarkeit, — da auch einfache Erhöhung zu den Seltenheiten gehört — und 2) die quantitativ-qualitativen Veränderungen und zwar besonders die verschiedenen Formen der Entartungsreaktion.

Der motorische Leitungsweg.

Um das Verständnis dieser Veränderungen zu erleichtern, muß in aller Kürze auf einige fundamentale Tatsachen zurückgegriffen werden, welche die Anatomie und Physiologie der motorischen Leitungsbahnen betreffen.

In der motorischen Region der Großhirnrinde, den Zentralwindungen entsprechend, befinden sich große Zellen, Pyramidenzellen genannt. Diese Zellen besitzen Fortsätze und zwar 1) eine Reihe kurzer Fortsätze, die im allgemeinen rindenwärts liegen, Protoplasmafortsätze oder Dendriten, und 2) einen einzigen langen Fortsatz, der nach der Peripherie zieht, Achsenzylinderfortsatz, Nervenfortsatz, Neurit (oder Axon). Dieser letztere zieht durch das weiße Hemisphärenmark, durch die innere Kapsel (hinteren Schenkel), durch den Pes pedunculi, die Brücke und die Medulla oblongata als Faser der nur aus solchen Neuriten bestehenden Pyramidenbahn (Py). Im kaudalsten Teil der Medulla oblongata kreuzt sich dieser Zellfortsatz mit einem symmetrischen der gegenüberliegenden Seite — in der Pyramidenkreuzung — und verläuft dann auf der andern Körperhälfte in den Seitensträngen des Rückenmarks als Bestandteil der Pyramidenseitenstrangbahn (PyS)***) abwärts, bis er in irgend einer Höhe des Rückenmarks — bald höher, bald tiefer, je nachdem er den Impuls zu einem Muskel des Arms, des Beins usw. trägt, — aus der vertikal abwärts

---

*) Ein anderes Prinzip liegt der Einteilung zu Grunde, die Doumer für die Veränderungen der elektrischen Reaktion vorgeschlagen hat. Er betrachtet die pathologischen Reaktionsanomalieen nicht als einheitliche Dinge, sondern als Symptomenkomplexe (Syndrome) und zerlegt sie gewissermaßen in ihre Komponenten, in „elementare Einzelreaktionen"; er unterscheidet folgende:

1) für den faradischen Strom: a) erhöhte Erregbarkeit; b) herabgesetzte Erregbarkeit (Duchennesche Reaktion);
2) für den galvanischen Strom: a) erhöhte Erregbarkeit; b) herabgesetzte Erregbarkeit; c) Änderung der relativen Werte von KaS und AnS (Erbsche Reaktion); d) Änderung der relativen Werte von KaS und KaO (Richsche Reaktion); e) Verlust der Nervenerregbarkeit bei erhaltener Muskelerregbarkeit durch parallele Ströme (longitudinale Reaktion).

Von Anomalieen der Muskelzuckung unterscheidet er: a) Verkürzung der Latenzperiode; b) Verlängerung derselben; c) Verkürzung der Zuckungsdauer; d) Verlängerung derselben; e) Änderung der Kurven-Form (spastische, paralytische, atrophische und degenerative Kurve nach Mendelsson); f) Erschöpfungsreaktion.

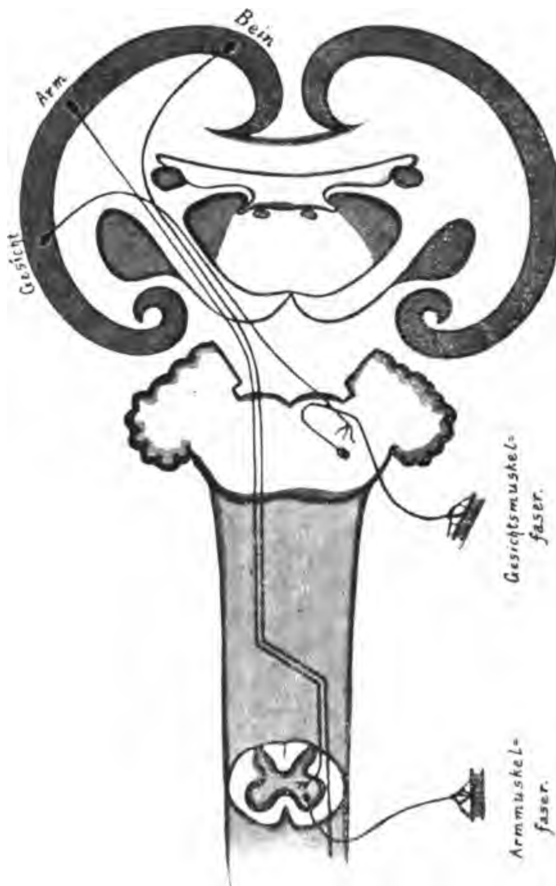
So exakt und wissenschaftlich wertvoll diese Einteilung ist, so muß doch, da sie sich bisher in der Praxis noch nicht eingebürgert hat, im folgenden die alte Einteilung beibehalten werden.

**) Der vielfach gebrauchte Ausdruck „qualitative" Veränderung der „Erregbarkeit" enthält eine contradictio in adjecto, da die Erregbarkeit ein rein quantitatives Moment darstellt; man kann nur von qualitativer Veränderung der Reaktion oder der Zuckung sprechen.

***) Ein geringer Teil verläuft auch ungekreuzt in den Vordersträngen als Pyramidenvorderstrangbahn (PyV) und kreuzt sich erst später sukzessive.

gehenden Richtung in die horizontale umbiegt, indem er in ein Vorderhorn hineinzieht und sich dort, am Ende seines Weges angelangt, zum sogen. Endbäumchen aufsplittert.*) Die Pyramidenzelle samt ihren sämtlichen Fortsätzen bezeichnet man als Nerveneinheit oder Neuron und zwar als kortikospinales oder zentrales motorisches Neuron (Archineuron Waldeyer). Während die Dendriten wahrscheinlich eine reizzuführende Aufgabe haben, also „cellulipetal" leiten, geschieht die Leitung im Achsenzylinderfortsatz „cellulifugal"; die motorischen Impulse werden also von der Zelle durch den Neuriten peripherwärts geführt.

Fig. 26.



Schema des motorischen Leitungsweges,
nach den Tafeln von Strümpell-Jacob.

Das Endbäumchen jedes zentralen Neurons tritt im Vorderhorn in kontaktartige Verbindung mit einer der dort liegenden großen polygonalen motorischen Vorderhornzellen: es umklammert entweder die Zelle selbst klauenartig, ohne aber mit ihr zu verschmelzen,**) oder berührt die Dendriten

*) Die Kollateralen, die er auf diesem Wege abgibt, können für unsere Darstellung außer Betracht bleiben.

**) Neuerlich wird doch wiederum eine Art Verschmelzung vermutet; überhaupt wird von Bethe, Apathi, Held, Nissl, R. y Cajal, M. Bielschowsky u. a. die Neuronenlehre stark angegriffen. Vorläufig hat sie aber mindestens noch insoweit

dieser Zelle. Diese Zelle entsendet nämlich ebenfalls Fortsätze, 1) zahlreiche Dendriten, die kurzen Verlauf haben und die Reize cellulipetal leiten, 2) einen einzigen Achsenzylinderfortsatz, der durch das Vorderhorn in die vorderen Wurzeln als Faser dieser Wurzeln hinein und dann als periphersche motorische Nervenfaser bis zu einer Muskelfaser weiterzieht. An der Muskelfaser angelangt, reisert er sich wiederum zum Endbäumchen auf und tritt mit der Muskelfaser in kontaktartige Verbindung. Die Vorderhornzelle samt ihren Fortsätzen bildet wiederum eine Nerveneinheit, ein Neuron, das als spinomuskuläres oder peripherisches motorisches Neuron (Teleneuron Waldeyer) bezeichnet wird.

Auch der motorische Leitungsweg der Hirnnerven besteht wie der der Rückenmarksnerven aus zwei Neuronen: das zentrale Neuron hat seine Zelle in der Hirnrinde (und zwar in den basalsten Teilen der Zentralwindungen, in der Gegend des Faciolingualzentrums nahe der Fossa Sylvii), und der Achsenzylinder dieser Zelle zieht durch das Mark, die innere Kapsel (hinteren Schenkel) und den Pes pedunculi in den Pyramidenbahnen abwärts, kreuzt sich aber bereits oberhalb der eigentlichen Pyramidenkreuzung, im Pons oder im oberen Teil der Oblongata, mit einer symmetrischen Faser der andern Körperhälfte. Nach der Kreuzung zieht er bis zum gegenüberliegenden Kern desjenigen Hirnnerven, dem er die Impulse zuführt (Facialis, Hypoglossus usw.), und splittert sich dort zum Endbäumchen auf. Das Endbäumchen tritt dann in der oben beschriebenen Weise in eine kontaktartige Verbindung mit der Zelle des motorischen Kerns, ohne mit ihr zu verschmelzen.

Mit dieser Zelle beginnt das peripherische motorische Neuron der Hirnnervenleitungsbahn. Der Achsenzylinderfortsatz dieser Zelle verläuft als Faser der austretenden Hirnnervenwurzel nach der Hirnbasis und weiter als peripherische Hirnnervenfaser bis zu einer Muskelfaser. An dieser angelangt, reisert er sich zum Endbäumchen auf.

Es erhellt aus dieser Darstellung die wichtige Tatsache, daß die Zelle des Kerns im Hirnstamm für den Hirnnerven dieselbe physiologische Bedeutung hat, wie die Vorderhornzelle für den Rückenmarksnerven. Aber noch etwas anderes, für unser Thema sehr Bedeutsames, wird an der Hand des eben Gesagten leicht verständlich sein.

Degeneration.

Wenn eines der beiden Neurone, die den motorischen Leitungsweg bilden, an einer Stelle durch eine Verletzung oder einen krankhaften Prozeß unterbrochen wird, oder wenn die zu einem der beiden Neurone gehörende Zelle erkrankt, so erleidet der Achsenzylinder des betreffenden Neurons eine anatomische Veränderung, die zu seinem schließlichen Untergange führt und als degenerative Atrophie oder kurzweg Degeneration (Entartung) bezeichnet wird. Der Achsenzylinder verliert zunächst seine Markumhüllung, indem die Markscheide in Schollen, Stücke und Bröckel zerfällt, der Achsenzylinder selbst zerfällt dann ebenfalls, die Kerne der Schwannschen Scheide vermehren sich, das interstitielle Gewebe vermehrt sich und tritt an die Stelle des untergegangenen Nervengewebes: gleichsam eine „Cirrhose des Nerven“.

Diese Degeneration betrifft immer nur das Neuron, in dem die krankhafte Veränderung sitzt; der übrige Leitungsweg bleibt intakt. Das ist eine fundamentale Tatsache, die zunächst

---

Gültigkeit, daß wir die mit ihr geschaffene Nomenklatur als Ausdrucksform für elektrodiagnostische Zwecke festhalten können.

festgehalten werden muß,*) und die sich aus der anatomischen Selbständigkeit der Nerveneinheit erklärt. Aber — und das ist die zweite fundamentale Regel — wenn das peripherische, das spinomuskuläre Neuron entartet, dann erkrankt die zugehörige Muskelfaser mit; auch sie erleidet die degenerative Atrophie: sie wird schmäler, verliert ihre Querstreifung, die Kerne des Sarkolemms vermehren sich, es treten chemische Alterationen im Sinne einer Nekrobiose auf (wachsartige Degeneration usw.), das interstitielle Binde- oder Fettgewebe wuchert und tritt an die Stelle der untergehenden kontraktilen Substanz; schließlich „Cirrhose der Muskelfaser". — Einfache Muskelatrophieen finden sich sowohl bei Krankheiten des Muskels selbst als bei einer ganzen Reihe anderer, weiter unten zu erwähnender Erkrankungsformen. Die degenerative Atrophie des Muskels findet sich jedoch dann, wenn das peripherische Neuron — dessen Zelle oder deren Achsenzylinderfortsatz — verletzt oder krankhaft verändert ist.**) Einfache Atrophie.

Ein degenerierter Muskel reagiert anders auf den elektrischen Strom als ein nicht degenerierter, auch anders als ein einfach atrophierter. Man kann also mittels elektrischer Untersuchung Muskeldegeneration nachweisen. Die Reaktionsweise des Muskels in solchen Fällen bezeichnet man mit Erb als Entartungsreaktion (Ea R).

Die Ea R wird demnach dann zu finden sein, wenn das peripherische motorische Neuron in irgendwie erheblicher Weise erkrankt ist. Sie ist nicht da bei Krankheiten im Bereich der zentralen Neurone, des Muskels selbst oder anderer Teile des Nervensystems und des übrigen Körpers: **wenn Ea R vorhanden ist, so ist das ein Zeichen dafür, daß im Gebiete der peripherischen Neurone sich ein krankhafter Vorgang abspielt.** Das Gesetz der Ea R.

Anm. Es ist für den Anfänger nützlich, diesen Satz als Lehrsatz (gleichsam als Regel ohne Ausnahme) anzusehen. Es soll dabei jedoch nicht verschwiegen sein und wird unten auch des näheren erörtert werden, daß Befunde erhoben worden sind, welche geeignet sind, die Allgemeingültigkeit dieser Regel etwas einzuschränken.

Die Erkrankungen, bei denen sich die übrigen Veränderungen der elektrischen Reaktion, insbesondere die einfach quantitativen oder die einfach qualitativen Veränderungen, finden, betreffen die anderen Partieen der motorischen Leitungsbahnen und des Bewegungsapparats, wie im folgenden näher ausgeführt werden soll.

a) Die rein quantitativen Veränderungen.

Wenn ein Muskel oder motorischer Nerv auf schwächere Ströme mit einer Minimalzuckung reagiert als in der Norm, so spricht man

*) Auf scheinbare Ausnahmen von dieser Regel soll später eingegangen werden. —

**) Auch dieser Satz kann trotz widersprechender Befunde im allgemeinen aufrecht erhalten werden.

1. transverse striation. 4
2.
3. proliferate

Die erhöhte Erregbarkeit.

von erhöhter elektrischer Erregbarkeit.*) Die Erhöhung der Erregbarkeit äußert sich bei einseitigen Affektionen so, daß an der kranken Seite eine faradische Zuckung schon bei einem größeren Rollenabstand (also einer geringeren Stärke des faradischen Stroms) sichtbar wird als an der gesunden Seite; die Erhöhung der galvanischen Erregbarkeit zeigt sich darin, daß bei einer geringeren Anzahl MA an der kranken Seite eine Kontraktion zu erzielen ist, als dies an der gesunden Seite geschieht. Bei doppelseitigen Affektionen kann man eine Erhöhung der Erregbarkeit erkennen, wenn die Werte der Stromstärke, bei der in einem Muskel oder Nerven eine Minimalzuckung sichtbar wird, unter der untersten Grenze der Stintzingschen Minimalwerte liegen; vermuten kann man die Erhöhung, wenn die Werte nahe den Stintzingschen Minimalwerten liegen und es sich um ein erkranktes Gebiet handelt. Ganz besonders instruktiv und überzeugend ist in solchen Fällen gelegentlich die Untersuchung mit dem galvanischen Strom unter Berücksichtigung des Zuckungsgesetzes. Man findet nämlich in ausgeprägten Fällen erhöhter Erregbarkeit, daß nicht nur z. B. die Ka SZ bei Bruchteilen eines MA, die An ZZ bei nicht viel stärkeren Strömen und die Ka OZ resp. der Ka STe bei Stromstärken auftreten, bei denen man normaliter kaum eine Ka Sz erhält; sondern, wenn man den Strom noch weiter verstärkt, kann man bei gar nicht allzu starken Strömen auch Dinge sehen, die an einem normalen Muskel gar nicht oder doch erst bei so hohen Stromintensitäten sich zeigen, wie sie in praxi nicht angewendet zu werden pflegen: nämlich An STe, An OTe oder, wie ich das in einem Falle von Tetanie einmal zu sehen bekam, Ka OTe. Es handelt sich hierbei — das muß festgehalten werden — etwa nicht um eine qualitative Veränderung des gesetzmäßigen Zuckungsschemas, sondern gewissermaßen nur um einen rascheren Ablauf desselben: die Reihenfolge im Auftreten der einzelnen Zuckungsmomente bleibt dabei die normale und auch die Form der Zuckung ist bei der reinen Erregbarkeitserhöhung normal, blitzartig.

Die reine Erhöhung der Erregbarkeit ist ein beinahe pathognostisches Zeichen für die Tetanie. Sie betrifft dort fast regelmäßig beide Stromesqualitäten, seltener den galvanischen Strom allein. Ihr Vorhandensein ermöglicht mit einer annähernden Sicherheit in zweifelhaften Fällen die Differentialdiagnose zwischen echter Tetanie und ähnlichen Erkrankungen, insbesondere gewissen hysterischen Zuständen von anfallsweise auftretenden Kontrakturen in der Vorderarm- und Unterschenkelmuskulatur. Bei letzteren Fällen findet sich die Erhöhung der elektrischen Erregbarkeit gewöhnlich nicht. Bei Kindern, bei denen Tetanie besonders häufig vorkommt, genügt es zur Sicherstellung der Diagnose nachzuweisen, daß an einem Nerven, dem N. medianus, die Ka SZ unter 0,7 MA, und namentlich, daß die

*) Die Erhöhung kann die faradische oder galvanische Erregbarkeit, jede für sich, betreffen oder beide gemeinsam. Letzteres ist wohl das häufigere, aber auch ersteres kommt nicht selten vor.

Ka OZ unter 5 MA liegt; sehr oft ist dabei An OZ > oder = An SZ (L. Mann und Thiemich). Die Möglichkeit, unschwer galvanischen An Te (oder gar Ka OTe) herbeizuführen, spricht ebenfalls für echte Tetanie. Die Erhöhung kann sowohl Muskeln als motorische Nerven betreffen. Ein Beispiel eines solchen Falles bietet der folgende Teil eines Untersuchungsprotokolls (von einem 19jährigen, mit echter Tetanie behafteten jungen Mann gewonnen):

	Rechts		Links	
El Q = 3 qcm	far.	galvan.	far.	galvan.
M. biceps brachii	Bei größtem RA deutliche (nicht minimale) Kontraktion	Ka SZ: 1/8 MA An OZ: 1/4 MA An SZ: 1/4 MA + Ka STe: 1/2 MA Ka OZ: 1 MA An STe: 3,5 MA An OTe: ca. 4 MA Ka OTe: bei Strömen über 7 MA blitzartige Zuckungen		

Außer der Tetanie sind es einzelne Fälle von cerebralen Lähmungen (frischen oder stark spastischen Hemiplegieen, auch alten cerebralen Facialislähmungen), bei denen einfache Erhöhung der Erregbarkeit gefunden wurde; ferner mehrere Beobachtungen von Tabes dorsalis in den ersten Stadien und einige peripherische Nervenlähmungen (Facialis und Radialis); bei letzteren bestand sie tage- bis wochenlang. Vereinzelt fand sie sich bei spinaler Paraplegie und spinaler Muskelatrophie, bei Hemichorea und Schreibkrampf.

Viel öfters als die Erregbarkeitssteigerung findet man die entgegengesetzte Veränderung, die reine Herabsetzung der Erregbarkeit. Man spricht von ihr dann, wenn ein motorischer Nerv oder Muskel erst bei größeren Stromstärken als ein normaler seine Minimalzuckung zeigt. Wiederum betrifft diese Störung entweder beide Stromesarten (das ist häufiger) oder eine von beiden, und wiederum geschieht der Nachweis der Veränderung bei einseitigen Affektionen durch Vergleich mit der gesunden Seite, bei doppelseitigen mit Hilfe der Stintzingschen Tabellen. Beim galvanischen Strom bedarf es also einer größeren Anzahl MA zur Erzielung der Minimalzuckung, beim faradischen eines Stromes von geringerem RA (also größerer Kraft) als an der gesunden Körperseite, resp. als bei gesunden Individuen. Dabei ist die galvanische Zuckungsformel unverändert und der Charakter der Zuckung der normale.

Die Herabsetzung der Erregbarkeit.

Die herabgesetzte Erregbarkeit ohne qualitative Abnormität findet man bei einer Reihe von Krankheitszuständen, die man früher unter dem Namen der Inaktivitätsatrophieen zusammengefaßt hat, die aber jetzt vielfach — und wohl mit Recht — eine ganz andere Deutung

erfahren. Dahin gehören z. B. die Atrophieen, die bei Gelenkkrankheiten in den dem kranken Gelenke benachbarten Muskeln — oft sind es Streckmuskeln dieses Gelenks — auftreten. Auch bei Luxationen und Verbandsfixationen (z. B. nach Phlegmone-Operationen) treten sie ein, ebenso bei Frakturen in der Nähe eines Gelenks. Man kann sie kurz als arthritische oder (wie sie vielfach genannt werden) „Reflex-Atrophieen" bezeichnen.*) Wenn sich in solchen atrophischen Muskeln überhaupt elektrische Veränderungen nachweisen lassen — was keineswegs immer der Fall ist — dann ist es einfache Herabsetzung. Sobald etwa Entartungsreaktion vorhanden ist, muß man eine Komplikation, z. B. eine Neuritis benachbarter Plexus, annehmen.

Reflex-Atrophieen.

Cerebrale Atrophieen.

Es sind hier weiter zu erwähnen: die Atrophieen im Gefolge cerebraler Lähmungen, also im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, bei Apoplexieen, Erweichungen usw. mit nachfolgenden Mono-, Hemi- oder Diplegieen. Auch bei diesen ist elektrisch, wenn überhaupt etwas, dann nur eine quantitative Veränderung (meistens Herabsetzung der Erregbarkeit) zu finden. In vielen Fällen dieser Art ist freilich die elektrische Erregbarkeit durchaus normal.

Anm. Über die Deutung der in solchen Muskeln durch den Kontrakturzustand hervorgerufenen, scheinbaren qualitativen Veränderung der Zuckungsform (faradische „Pseudo"-Zuckungsträgheit) s. unten S. 80.

Auch bei den übrigen Erkrankungen im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, bei denen die peripherischen intakt bleiben, also bei den Strangerkrankungen des Rückenmarks (der spastischen Spinalparalyse, Myelitis, multiplen Sklerose, bei gewissen Blutungen und Erweichungen ohne Beteiligung der Vorderhörner), bei den Krankheiten der Pedunculi cerebri, des Pons und der Oblongata (ohne Schädigung der grauen Kerne und der motorischen Hirnnerven) findet sich entweder gar keine elektrische Abnormität oder einfache Herabsetzung, meistens für beide Ströme oder für den faradischen Strom allein, selten für den galvanischen allein.

Inaktivitäts-Atrophieen.

Die einfache Herabsetzung begleitet fernerhin eine Reihe von Atrophieen, deren Genese unbekannt ist (vielleicht sind es wirkliche Inaktivitätsatrophieen): das sind die Atrophieen in gewissen Fällen von Tabes und funktionellen Neurosen, besonders Hysterie. In diesen letzteren Fällen ist die exakte Feststellung der elektrischen Verhältnisse namentlich dann wichtig, wenn es sich um Hysterie traumatischen Ursprungs handelt, und wenn die Frage der Simulation oder Aggravation wegen einer vom Patienten beanspruchten Unfallentschädigung beantwortet werden soll. Ein positives Ergebnis der elektrischen Prüfung, also der Befund sicherer Herabsetzung der

*) Die verbreitetste Auffassung ist die, daß durch die Gelenkerkrankung reflektorisch in den Vorderhornzellen Alterationen hervorgerufen werden, die zwar nicht stark genug sind, um zur Zeit anatomisch nachweisbar zu sein, aber doch hinreichend, um einfache Muskelatrophieen der geschilderten Art — Reflextrophoneurosen — herbeizuführen. Diese Ansicht ist experimentell gestützt, bleibt aber vorläufig noch Hypothese.

Erregbarkeit, wird Simulation ausschließen lassen; ein negatives Ergebnis jedoch gestattet keinerlei Entscheidung.

Dystrophieen.

Schließlich ist auch für die Atrophieen, die ihre Entstehung einem Erkranktsein der Muskeln selbst (also des peripherstenEndes der motorischen Sphäre) verdanken, die Herabsetzung der Erregbarkeit bei qualitativem Normalzustand der Zuckung eine charakteristische Beigabe. Es sind vorwiegend die verschiedenen Formen der progressiven Muskel-Dystrophie oder myopathischen progressiven Muskel-Atrophie (im Gegensatz zur spinalen progressiven Muskel-Atrophie so genannt), die hierbei in Betracht kommen: also die Pseudohypertrophie, die juvenile, die infantile, die Landouzy-Déjérinesche Form der myogenen Atrophie, die unter dem obigen Namen zusammengefaßt werden. Hier hat die Feststellung des elektrischen Befundes häufig geradezu differentialdiagnostische Bedeutung, nämlich dann, wenn es zweifelhaft ist, ob eine progressive Atrophie muskulären oder spinalen Ursprungs (d. h. auf Erkrankung der Vorderhörner zurückzuführen) ist. Während sich bei den muskulären Formen entweder gar keine elektrische Alteration oder nur einfache Herabsetzung — bald gering, bald hochgradig bis zum Erloschensein der Erregbarkeit, jedenfalls stets rein quantitativ — finden wird, wird bei den spinalen Prozessen, bei denen es sich ja um Veränderungen im Gebiete peripherischer Neurone handelt, gewöhnlich Entartungsreaktion eintreten. In diesen Fällen wird man eine lokale Diagnose stellen können.*)

Spinale Atrophieen langsamer Progression.

Freilich soll dabei nicht übersehen werden, daß auch in Fällen spinaler Herkunft oft nirgends oder nur an ganz vereinzelten Stellen Entartungsreaktion vorhanden ist. Wenn nämlich die Progression einer spinalen Atrophie in langsamem Tempo vor sich geht, sodaß gleichsam Faser für Faser allmählich dem Untergange verfällt, so werden in dem der Untersuchung vorliegenden Muskel die tatsächlich in der Degeneration begriffenen Fasern die verschwindende Minorität bilden, und der Strom findet dann entweder eine „überwältigende Majorität" intakter oder eine ebensolche Majorität völlig in Zwischengewebe verwandelter, sklerosierter Muskelfasern vor; infolgedessen wird in vielen solchen Fällen eine Entartungsreaktion gar nicht recht in die Erscheinung treten können: vielmehr wird in einem Muskel, in dem der Prozeß der Atrophie beginnt, ganz normale Erregbarkeit sein, in einem Muskel aber, in dem der Prozeß vorgeschritten

*) Hier sei auch des merkwürdigen Befunds von Oddo und Darcourt bei der sog. periodischen familiären Lähmung gedacht, eines Befundes, der von den Autoren geradezu als Beweis für myopathische Genese dieses seltenen Leidens angesehen wird: entsprechend dem Auftreten, der Dauer und dem Schwinden der einzelnen, ca. 24 Stunden anhaltenden Attacken dieser Krankheit zeigten nämlich die befallenen Muskeln einfache Herabsetzung der direkten und indirekten Erregbarkeit für beide Stromarten (namentlich der direkten galvanischen) bis zum Erlöschen. Qualitative Veränderungen fehlten völlig. Mit der Besserung der Attacke kehrten auch die elektrischen Reaktionen zur Norm zurück und blieben so während der ganzen (ca. 8—10tägigen) anfallsfreien Zeit.

ist, — je nach der Anzahl der vorhandenen kontraktilen Teile — entweder einfache Herabsetzung oder Erloschensein der Erregbarkeit.*) Diese Erscheinung findet man in der Tat in vielen Fällen progressiver Muskelatrophie, bei Poliomyelitis chronica, amyotrophischer Lateralsklerose, progressiver Bulbärparalyse usw. Für solche Fälle liegt also die Sache so, daß der differentialdiagnostische Wert der elektrischen Prüfung nur dann vorhanden ist, wenn Ea R in der Tat gefunden wird: ergibt in zweifelhaften Fällen die Untersuchung einfache Herabsetzung ohne qualitative Veränderung, so ist ein muskulärer Prozeß zwar wahrscheinlich, aber nicht sicher; ergibt sie Ea R, dann ist im allgemeinen ein spinaler Prozeß als vorliegend anzunehmen.

Anm. Es sind in der Literatur einige Fälle von (allem Anschein nach) sicherer Myopathie — Dystrophia muscularis progressiva — beschrieben, bei denen EaR gefunden wurde. Das widerspräche dem oben entwickelten Gesetz von der EaR, welches besagt, daß sie nur bei Krankheiten der peripherischen Neurone auftritt. Die Fälle sind freilich vereinzelt, geben aber doch zu denken. Man hat daraus bisher nicht den Schluß gezogen, daß es sichere Ausnahmen von dem genannten Gesetze gibt, sondern man neigt jetzt vielfach zu der Annahme, daß zwischen den spinalen und den muskulären Formen der progressiven Atrophie Übergänge existieren, daß keine scharfen Grenzen zwischen ihnen bestehen, ja daß vielleicht überhaupt auch die sogenannten muskulären Formen auf spinale. mit unsern jetzigen Methoden nur nicht nachweisbare Vorderhornaffektionen zurückzuführen sind. Im allgemeinen gilt trotz dieser vereinzelten Beobachtungen von der Differentialdiagnose immer noch das oben Ausgeführte.

Hinsichtlich der Differentialdiagnose zwischen spinaler und cerebraler Kinderlähmung s. unten S. 67. Im nächsten Abschnitt wird auch näher ausgeführt werden, daß nach Ablauf schwerer degenerativer peripherischer Lähmungen noch sehr lange als einzige elektrische Veränderung herabgesetzte Erregbarkeit ohne qualitative Störungen zurückbleiben kann.

Der Grad der Herabsetzung.

Was den Grad der Herabsetzung bei den verschiedenen Erkrankungen betrifft, so ist derselbe im allgemeinen gering bei den Inaktivitätsatrophieen im eigentlichen Sinne. Hier beschränkt sich die Herabsetzung auch vielfach auf den faradischen Strom allein; und in diesen Fällen muß man mit der Diagnose „herabgesetzte Erregbarkeit" ganz besonders vorsichtig sein. Es liegt in der Natur der Untersuchungsmethode, daß sich bei Feststellung der faradischen Minimalzuckung zweier symmetrischer Muskeln auch bei ganz gesunden Personen geringe Differenzen finden. Das Sehen der Minimalzuckung bietet Schwierigkeiten, und besonders der Anfänger bekommt häufig falsche Resultate, wenn er z. B. nicht darauf achtet, ob die untersuchten Muskeln schlaff sind, oder wenn der Punkt, an dem er untersucht, nicht der erregbarste ist. Ein während der Untersuchung eintretendes Austrocknen der Elektrodenkappe, ein geringes Ver-

*) Ich weiß, daß diese Erklärung anfechtbar ist, und bemerke ausdrücklich, daß sie nur hypothetisch ist. Solange man aber keine bessere weiß, mag sie dem Anfänger die Sache verständlich machen.

schieben oder Umkippen der Elektrode ändert nicht selten die Ergebnisse der Prüfung. Und dabei muß weiterhin noch in Betracht gezogen werden, daß es bei ganz gesunden Leuten anatomische Differenzen zwischen symmetrischen Teilen der beiden Körperhälften gibt: und wenn dann z. B. an der einen Seite der untersuchte motorische Nerv infolge einer anatomischen Variante beträchtlich tiefer liegt als an der andern, sodaß er eine dickere Schicht elektrizitätleitenden Gewebes über sich hat, so wird in diesem bedeckenden Gewebe ein großer Bruchteil des Stromes durch Schleifenbildung verloren gehen, ehe der Strom den Nerven erreicht, jedenfalls ein größerer Bruchteil, als an der andern Seite. Es wird daher in dem tiefer liegenden Nerven die Erregbarkeit anscheinend herabgesetzt sein, wiewohl das tatsächlich nicht der Fall ist. Dasselbe wird z. B. eintreten können, wenn an der einen Seite das subkutane Fettgewebe stärker entwickelt ist als an der andern (L. Mann), oder wenn im subkutanen Gewebe eine Flüssigkeitsansammlung (Ödem) stattgefunden hat.

Zusammenfassend muß man also sagen: Geringfügige Herabsetzung der Erregbarkeit, also Differenz von wenigen Mm. RA oder von Bruchteilen eines MA, muß, ehe sie als pathologisch anerkannt werden kann, durch wiederholte Nachprüfungen kontrolliert werden, namentlich wenn die Störung nicht beide Stromesarten in gleicher Weise betrifft, oder wenn in einem größeren, gleichmäßig erkrankten Gebiet die verschiedenen Muskeln oder Nerven ganz verschiedene Resultate liefern, z. B. der eine Erhöhung, der andere Herabsetzung. Nur wenn mehrere Untersuchungen stets die gleichen Resultate ergeben, darf man mit einiger Sicherheit von einer herabgesetzten Erregbarkeit reden. Besondere Vorsicht erfordern natürlich doppelseitige Affektionen. Hier sollte man nur bei ganz beträchtlichen Abweichungen von den Stintzingschen Mittelwerten einen pathologischen Prozeß diagnostizieren.

Bei den Erkrankungen im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, den hemiplegischen Atrophieen und dergl., pflegt die Herabsetzung oder Erhöhung der Erregbarkeit keinen bedeutenden Grad zu erreichen. Da hier häufig Kontrakturen bestehen, sodaß ein Schlaffhalten der untersuchten Muskeln gewöhnlich auf die Dauer nicht gelingt, so muß man mit der Verwertung der Minimalzahlen recht vorsichtig sein.

Stärkere Grade der Herabsetzung bieten gelegentlich die arthritischen Atrophieen, die allerstärksten finden sich bei progressiven Dystrophieen und bei den oben (S. 63) erwähnten Formen der spinalen Atrophieen langsamer Progression. Hier sinkt die Erregbarkeit meist für beide Stromesarten ziemlich gleichmäßig, immer mehr und mehr, bis zum Erloschensein.

Erloschene Erregbarkeit.

Absolutes Erloschensein der Erregbarkeit eines Muskels beweist, daß kontraktile Substanz in dem betr. Muskel nicht mehr in nennenswerter Quantität vorhanden ist. Diese Anomalie kann das Schlußergebnis der Ea R oder der progressiven Herabsetzung sein.

Erloschensein der Erregbarkeit eines motorischen Nerven beweist an sich für den anatomischen Zustand der von ihm versorgten Muskeln nichts: vielmehr bedarf es dazu noch einer direkten Muskeluntersuchung. Darüber im nächsten Abschnitt Näheres.

b) Die quantitativ-qualitativen Veränderungen.

1. Entartungsreaktion (Ea R).

Bei denjenigen Erkrankungen im Gebiete der peripherischen Neurone, die zu Muskeldegeneration führen, findet man, wenn diese Erkrankungen eine gewisse minimale Größe überschreiten, gewöhnlich eine Abnormität in der elektrischen Reaktion der betroffenen Nerven und Muskeln, deren wesentliche Charakteristika sind:

Definition der Ea R.

1) quantitative Veränderungen, nämlich
   a) Sinken und Erlöschen der (faradischen und galvanischen) Erregbarkeit der Nerven und der **faradischen** Erregbarkeit der Muskeln.
   b) bald Steigerung, bald Sinken der galvanischen Erregbarkeit der Muskeln.
2) qualitative Veränderungen, besonders
   a) Trägheit der galvanischen Muskelzuckung und eventuell
   b) Abweichungen vom normalen Ablauf des Zuckungs-Gesetzes.

Diese komplizierte Anomalie der Reaktion, welche den anatomischen Prozeß der Muskeldegeneration (Entartung) begleitet, und welche sich wieder in bestimmter, gesetzmäßiger Weise zum normalen Verhalten zurückbildet, wenn die Muskeldegeneration einer Regeneration Platz macht, ist nach Baierlachers Vorarbeiten von Erb (1868), sowie von Ziemssen und Weiss zuerst studiert und von Erb mit dem Namen „Entartungsreaktion" (Ea R) belegt worden.

Vorkommen der Ea R.

Die Krankheitszustände, in denen die Ea R vorkommen kann, sind, wie nach dem oben Gesagten leicht verständlich (s. Schema des Faserverlaufs S. 57, Fig. 26), im wesentlichen die folgenden:

1) Krankheiten der Medulla oblongata bezw. des Hirnstamms mit Beteiligung der grauen Kerne der Hirnnerven: also die verschiedenen Formen der Bulbärparalyse (akute, chronische progressive), Blutungen und Erweichungen im Hirnstamm usw. — Auch die angeborenen oder früh erworbenen Fälle von Facialislähmung, von denen freilich nur ein Teil nukleären Ursprungs ist, gehören hierher. — In diesen Fällen findet sich Ea R natürlich nur im Gebiete der betroffenen Hirnnerven. Wenn der pathologische Prozeß auch gleichzeitig die Fasern der durchlaufenden, zu den Spinalnerven gehenden Pyramidenbahnen ergreifen sollte, so würde trotzdem ihr Erkranktsein nicht zu Ea R führen.

2) Krankheiten, welche die Vorderhornzellen des Rückenmarks befallen: Poliomyelitis anterior acuta, — z. B. die „spinale

Kinderlähmung“*) — subacuta und chronica, sowie die progressive spinale Muskelatrophie,**) (während, wie oben S. 64 ausgeführt, bei der myopathischen Muskelatrophie Ea R gewöhnlich fehlt); ferner Blutungen und Erweichungen im Vorderhorn, Geschwulstbildungen, namentlich Gliomatose (Syringomyelie, Morvansche Krankheit); die Entzündungen des ganzen Rückenmarksquerschnitts (Myelitis transversa); die amyotrophische Lateralsklerose — Vorderhorn- und Seitenstrangerkrankung — (Seitenstrangaffektion allein, z. B. die sekundäre absteigende oder die bei kombinierten Systemerkrankungen, resp. idiopathische bei der sog. spastischen Spinalparalyse, deren anatomisches Substrat freilich noch nicht feststeht, führt nicht zu Ea R). — Auch diffuse Herde, z. B. entzündlicher oder sklerotischer Natur, können, wenn sie gerade im Vorderhorn ihren Sitz haben, in den von dort aus versorgten Muskeln Ea R hervorrufen.

3) Krankheiten, welche die Wurzeln der cerebralen oder spinalen Nerven betreffen: Meningeale Prozesse verschiedener Art, wenn sie mit stärkerer Beteiligung der Nervenstämme einhergehen; Wirbelerkrankungen, z. B. tuberkulöser Natur, oder Tumoren, die von den Wirbeln oder den Meningen ausgehen und die Nerven einschnüren. Derartige Fälle werden im ganzen selten sein.

4) Krankheiten der peripherischen Nerven selbst und zwar:

a) Verletzungen, vornehmlich durch Quetschung: dahin gehören die Schlaflähmungen der Armnerven; die Peroneus-Drucklähmungen (z. B. durch Arbeiten im Hocken, bei schweren Partus); die Fessellähmungen des Ulnaris, Radialis und Medianus; die durch Callus- und Tumorendruck bedingten, sowie durch Lasttragen oder in der Narkose an den Nerven der Extremitäten (vorwiegend der oberen) entstandenen usw. Auch die sogenannten Beschäftigungs-Atrophieen seien hier erwähnt.

Weiterhin Durchschneidungen, besonders oft an den Nerven der obern Extremität (Säbelverletzungen usw.); oder operative Durchtrennungen, z. B. am Facialis bei Drüsenoperationen, am Hypoglossus usw. — Dasselbe gilt von Rißverletzungen. —

Von chemischen, mit Ea R einhergehenden Verletzungen sind die Lähmungen nach Ätherinjektion zu nennen.

Besonders häufig sind die „rheumatischen“ Lähmungen des Facialis (auch im Peroneusgebiet kommen anscheinend solche Lähmungen vor).

b) Entzündungen der Nerven: einerseits die fortgeleiteten, wie z. B. gewisse Facialislähmungen bei Ohrerkrankungen:

---

*) Die sogenannte cerebrale Kinderlähmung (Sitz im Großhirn) bietet keine Ea R dar, sondern entweder einfache Herabsetzung oder gar keine Anomalie. Das kann gelegentlich differentialdiagnostisch von Nutzen sein.

**) Auch bei der Hoffmannschen neuralen Form der Muskelatrophie, deren anatomisches Substrat noch strittig ist, ist Ea R in der Regel vorhanden.

andererseits die idiopathischen, die dann meistens entweder *toxischer Natur* sind, wie die *Bleilähmung* (die besonders gern die Vorderarmstrecker befällt*), die Arsenik-, die Alkoholneuritis u. a., — oder infektiöser Natur, wie die *diphtherische Neuritis*, die *Neuritis multiplex infectiosa* oder Beriberi, die nach *Influenza* und *Typhus* auftretenden Neuritiden usw.**)

c) (Viel seltener) Tumoren der Nerven selbst. —

Verschiedene Formen der Ea R.

Je nach der Schwere der Läsion, resp. je nach der größeren oder geringeren Geschwindigkeit der Entwicklung lassen sich verschiedene Grade und Arten der Ea R unterscheiden. Besonders kann man eine *komplette Form*, in welcher der Typus der Erscheinungen am reinsten zum Ausdruck kommt, von einer *partiellen Form* trennen, welche gleichsam nur eine Skizze des Symptomenbildes darstellt. Die komplette Form ihrerseits umfaßt — der Prognose des zu Grunde liegenden Leidens nach — eine „benigne" und eine „maligne" Unterart, von denen die erstere die heilbaren, die letztere die unheilbaren Fälle bezeichnet. Die „benigne" Unterart zerfällt wieder in eine leichte und mittelschwere Form, die sich nur durch die Dauer voneinander unterscheiden, und von denen die leichte ziemlich selten ist. Man kann also im allgemeinen folgende Typen auseinander halten:

1) *komplette Ea R*
   (a) *leichte*) } in heilbaren Fällen.
   b) *mittelschwere* }
   c) *schwere* — *in unheilbaren Fällen*.

2) *partielle*.

Freilich ist diese Scheidung eine künstliche und existieren zwischen den einzelnen Formen zahlreiche Übergänge.***)

Der Verlauf der Ea R.

Den *Verlauf* der einzelnen Formen der Ea R soll die folgende schematische Tabelle illustrieren:

---

*) Hier ist Ea R auch in Muskeln gefunden worden, die noch nicht gelähmt waren oder überhaupt niemals gelähmt wurden. Vereinzelte derartige, unerklärte Beobachtungen liegen auch für einige andere Erkrankungen vor, so z. B. für gewisse Geisteskrankheiten (Alkoholpsychosen, Delirium acutum, Dementia paralytica), bei denen *Pilcz* das Hauptsymptom der Ea R, die Zuckungsträgheit, auch dann nachweisen konnte, *wenn alle neuritischen Symptome fehlten*. Allerdings geben seine Untersuchungen darum zu Bedenken Anlaß, weil sie sich vorwiegend auf den M. extensor digitorum brevis des Fußes beziehen, der sich auch *normalerweise* oft auffallend langsam kontrahiert (s. S. 25).

**) Die Facialislähmungen beim sog. *Kopftetanus* gehen *nicht* mit Ea R einher. Ihr peripherischer Ursprung ist zweifelhaft.

***) *Stintzing* hat 13 verschiedene Formen aufgestellt. Sie lassen sich nicht nur in dem obigen Schema bequem unterbringen, sondern es versteht sich eigentlich von selbst, daß derartige Übergänge zwischen den verschiedenen Formen vorkommen können. Für den Anfänger ist es zweifellos zweckmäßig, sich zunächst an wenige typische, häufig anzutreffende Formen zu halten und den Abweichungen vom Typus event. erst später seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

I. Komplette Ea R: leichte und mittelschwere Form.

		indirekte (Nerven-) Erregbarkeit:		**direkte (Muskel-)Erregbarkeit:**	
		farad.	galvan.	farad.	galvanisch
Stadium I.	1. Woche	gegen Ende		etwas später	
		herabgesetzt	herabgesetzt	herabgesetzt	herabgesetzt
Stadium II.	*) (ca. 2.—5. Woche) ca. 2.—15. Woche	**erloschen**	**erloschen**	**erloschen**	**erhöht, träge Zuckung** (An > Ka)
Stadium III.	*) (ca. 6.—12. Woche) ca. 16.—30. Woche	gegen Ende		gegen Ende	**sinkend bis normal, raschere Zuckung** (An = bis < Ka).
		wiederkehrend	wiederkehrend	wiederkehrend	
Stadium IV.	später	normal oder subnormal	normal oder subnormal	normal oder subnormal	normal oder subnormal (keine qualitativen Veränderungen mehr)

II. Komplette Ea R: schwere Form.

Stadium I und II **wie im obigen Schema,** darauf folgt als

Stadium III.	6.—x. Woche	bleibt erloschen	bleibt erloschen	bleibt erloschen	**sinkend bis erlöschend, Zuckung bleibt träge** (An > Ka)

III. Partielle Ea R.

		indirekte (Nerven-) Erregbarkeit:		**direkte (Muskel-)Erregbarkeit:**	
		farad.	galvan.	farad.	galvanisch
Stadium I.	1. Woche	normal, erhöht oder herabgesetzt	normal, erhöht oder herabgesetzt	normal, erhöht oder (etw. später) herabgesetzt	normal, erhöht oder (etwas später) herabgesetzt
Stadium II.	2.—5. Woche	**normal oder herabgesetzt**	**normal oder herabgesetzt**	**normal oder herabgesetzt**	**erhöht, träge Zuckung** (An > Ka)
Stadium III.	6.—ca. 12. Woche	wird normal	wird normal	wird normal	wird normal

oder aber (bei langsam oder progressiv verlaufenden Prozessen):

Stadium III.	6.—x. Woche	sinkend bis erlöschend	sinkend bis erlöschend	sinkend bis erlöschend	**sinkend bis erlöschend, Zuckung bleibt träge** (An > Ka)

*) Die Zahlen sind nur ungefähre. Die obersten eingeklammerten Zahlen betreffen die seltene leichte Form der kompletten Ea R, die untersten die mittelschwere.

Zum Verständnis der Tabelle ist folgendes zu bemerken, wobei als Paradigma eine Schlaflähmung des N. radialis dienen möge:

Die leichte und mittelschwere komplette Ea R.

Ad I. (leichte und) mittelschwere komplette Ea R.

Stad. I: Initialstadium. Die elektrischen Veränderungen machen sich nicht sofort, z. B. unmittelbar im Anschluß an eine Verletzung geltend, sondern — ebenso wie auch die anatomischen, sichtbaren Veränderungen der Nerven und insbesondere der Muskeln — erst einige Tage, meist 5—7 Tage, später. Um diese Zeit findet man, daß sowohl bei Reizung des Nerven selbst (indirekter Reizung), als bei Reizung der einzelnen vom Nerven versorgten Muskeln (direkter Reizung) die Erregbarkeit für beide Stromesarten einfach herabgesetzt ist. Es bedarf, um eine Minimalzuckung zu erhalten, stärkerer faradischer und galvanischer Ströme als in der Norm resp. als an der gesunden Seite. Dabei ist die Form der Zuckung die normale, das Zuckungsgesetz zeigt den gewöhnlichen Ablauf. Häufig pflegt die Herabsetzung der direkten Muskel-Erregbarkeit etwas später aufzutreten als die der indirekten, also etwa anfangs der 2. Woche. Mitunter geht sowohl ihr als der Herabsetzung der Nervenerregbarkeit ein kurzdauernder Zustand gesteigerter Exzitabilität vorauf.

Stad. II: Höhepunkt der Erkrankung. Wenn man denselben Nerven, also z. B. den gequetschten Radialis, später, etwa in der 2.—5. Woche, untersucht, so zeigt sich nunmehr, daß seine Erregbarkeit sowohl für den galvanischen als für den faradischen Strom völlig erloschen ist*). Prüft man jetzt die von dem gelähmten Nerven versorgten Muskeln direkt, so bemerkt man, daß auch diese auf die stärksten faradischen Ströme nicht reagieren; auf den galvanischen Strom hingegen reagieren sie nicht nur, sondern ihre Erregbarkeit ist erhöht (die minimale Ka SZ tritt bei weit schwächeren Strömen ein, als auf der gesunden Seite; bei verhältnismäßig geringen Stromstärken sieht man An ZZ und besonders Ka STe).**) Zu diesen quantitativen Störungen gesellt sich aber ein zweites, qualitatives Moment der Veränderung: Die galvano-muskuläre Zuckung hat nämlich den normalen, blitzartigen Charakter verloren, sie ist träge („wurmförmig") geworden: sie beginnt langsam und klingt langsam wieder ab. — Oft kommt es in diesem Stadium auch vor, daß nicht

*) Gewöhnlich gehen die Veränderungen (Herabsetzung, Erlöschen der Erregbarkeit usw.) für den galvanischen und faradischen Strom bei Nervenreizung und für den faradischen bei Muskelreizung ziemlich gleichzeitig vor sich. Es gibt aber nach dieser Richtung hin zahlreiche Abweichungen verschiedener Art.

**) Aus der erhöhten Erregbarkeit degenerierender Muskeln erklären sich jene Beobachtungen von Lähmungen (bes. im Facialis), bei denen man auf Reizung der gesunden Seite an der kranken Seite Muskelkontraktionen sieht. Meist sind es wohl Stromschleifen, die bei der erhöhten Erregbarkeit der kranken Muskeln in ihnen kräftiger und eher wirken, als selbst die an der Reizstelle dichtgedrängt liegenden Stromfäden in den gesunden Muskeln. Ab und zu aber (namentlich in den Kinn- und Lippenmuskeln bei den in früher Jugend erworbenen Gesichtslähmungen) ist das Phänomen auf Herüberziehen gesunder Muskelbündel nach der kranken Seite zurückzuführen. — Unerklärt bleiben einzelne Fälle, bei denen die Erregbarkeit gar

wie in der normalen Zuckungsformel, die Ka S das erste Reizmoment ist, auf welches eine Kontraktion erfolgt, sondern daß die An SZ oder die An OZ schon bei schwächeren Strömen eintritt. Dieses Symptom, das man als Umkehr des Zuckungsgesetzes bezeichnet hat, ist aber nicht konstant: es ist kein unbedingtes Erfordernis für die Diagnose Ea R. **Das Hauptmerkmal der Ea R, das für sie pathognostische und zuverlässigste, ist die träge Zuckung.**

Dabei ist es ein häufiges Vorkommnis, daß der erregbarste Punkt des entarteten Muskels seine Stelle verändert: nicht mehr am Nerveneintrittspunkte ist die Erregbarkeit am größten, sondern weiter nach einem der Muskelenden zu; und es gibt sogar einzelne Fälle von Ea R, in denen die Zuckungsträgheit auf diesen „verschobenen“ erregbarsten Punkt beschränkt ist, während vom normalen motorischen Punkte aus eine prompte Zuckung erfolgt (Wertheim-Salomonson). — In der Tatsache der stärkeren Erregbarkeit der Muskel-Endteile im degenerierten Muskel liegt nach Wieners bemerkenswerten Experimenten und den Untersuchungen von May auch die Erklärung für die obenerwähnte Umkehr des Zuckungsgesetzes; nach W. beruht dieses Phänomen auf der Reizung der im Degenerationszustande besonders erregbaren Muskelenden durch sog. „virtuelle Kathoden“,*) die an diesen Stellen auftreten, sobald die Anode als Reizelektrode in der Muskelmitte sitzt. Bei negativer Reizelektrode dagegen werden die erregbaren Muskelendteile von den wenig wirksamen „virtuellen Anoden“ getroffen. Bei normalen Muskeln fallen Reizpunkt und erregbarster Punkt in der Muskelmitte zusammen. Es treffen also bei Anoden-Reizung die am Muskelende auftretenden virtuellen Kathoden relativ wenig erregbare Punkte. Deshalb ist dort im allgemeinen das Verhalten ein umgekehrtes. Nur zeigen, wie Wiener gefunden hat, aus bestimmten physikalischen Gründen die gefiederten Muskeln oft auch in der Norm die Umkehr der Zuckungsformel (an den Interrossei der Hand z. B. und am Deltoideus läßt sich das nicht selten nachweisen). — Eine etwas abweichende, aber viel weniger befriedigende und darum hier nicht anzuführende Erklärung für die Phänomene der Ea R gibt Achelis, dessen Untersuchungen übrigens insofern ein großes theoretisches Interesse haben, als sie die zwischen dem tierischen (Pflügerschen) und dem menschlichen Zuckungsgesetz (s. S. 21 ff.) scheinbar bestehende Kluft überbrücken.

Gewöhnlich findet man, daß in diesem Stadium auch die mechanische Muskelerregbarkeit (z. B. durch Beklopfen mit dem Perkussionshammer geprüft) gesteigert ist, und daß auch die durch diese erzeugte Kontraktion träge abläuft.

Während bei leichten Erkrankungsfällen dieses Stadium des „Höhepunktes“ etwa 2—5 Wochen dauert, währt es bei den schwereren Formen viel länger, etwa 15—20—30 Wochen, ehe sich für den elektrischen Strom eine Veränderung im Sinne der Heilung oder des Muskelunterganges bemerkbar macht.**) Diese Zahlenangaben,

---

nicht erhöht, sondern herabgesetzt ist und doch bei Reizung gesunder Muskeln die symmetrischen kranken reagieren. (Vielleicht hängt das mit der obenerwähnten Bildung „virtueller“ Pole zusammen.) — Ebenso unerklärt ist das Vorkommen von (reflektorischen?) Zuckungen im gesunden Facialis bei Reizung im Gebiete des kranken, wie es bei Facialislähmungen aller Art (besonders oft bei zentralen) gesehen wird (Bernhardt) — Über reflektorische Zuckungen vergl. auch Kap. 3, p. 29.

*) Unter virtuellen Polen versteht man diejenigen zu supponierenden Stellen im Körperinnern, an denen die einem Nerven (oder Muskel) zugeführten Stromfäden denselben wieder verlassen.

**) Diese letzteren, die mittelschweren Fälle der Ea R, die also etwa nach 15—20 Wochen die erste Heilungstendenz zeigen, sind sehr viel häufiger als die leichten, die meistens nach 6—8—12 Wochen abgelaufen sind.

1- unconditional.
2- reliable

wie alle Zahlenangaben der Tabelle, sind — das soll noch einmal betont werden — natürlich nur ungefähre: manchmal vergehen 40 Wochen, ja selbst ein Jahr und mehr, ohne daß eine wesentliche Tendenz zur Veränderung sich im erkrankten Gebiete elektrisch und auch funktionell nachweisen läßt. Und doch können noch selbst nach dieser langen Zeit die Erscheinungen sich zur Norm zurückbilden: es beginnt in vielen Fällen erst dann das

Stad. III: Stadium der Regeneration: Dann zeigt sich nämlich — in seltenen Fällen etwa nach der 5.—8. Woche, meistens etwa nach der 15.—30. — eine allmähliche Wiederkehr der indirekten (Nerven-) Erregbarkeit für beide Stromesarten; auch die „farado-muskuläre“ (d. h. die faradische direkte) Erregbarkeit kehrt wieder: anfangs nur für starke Ströme, später für dieselben Stromstärken wie an der gesunden Seite, — anfangs nur für einen oder den anderen Muskel, allmählich für immer mehr, treten bei indirekter Reizung (mit einer von beiden oder beiden Stromesarten) resp. bei direkter faradischer Reizung Muskelkontraktionen ein. Und um dieselbe Zeit etwa sinkt die früher abnorm erhöhte galvanische Muskelerregbarkeit bis zur Norm, ja häufig unter die Norm; dabei verliert — und das ist besonders wichtig — die Form der Zuckung ihren trägen Charakter: sie bekommt zunächst ein unbestimmtes Aussehen (sie ist nicht mehr „wurmförmig“, jedoch immer noch deutlich langsamer als in der Norm), dann büßt sie nach und nach den Charakter der Trägheit gänzlich ein und wird schließlich wieder „blitzartig“. — Wenn die „Umkehr des Zuckungsgesetzes“ vorhanden gewesen war, so gleicht sich auch diese aus, indem zunächst die An ZZ = Ka SZ werden, bis schließlich wieder die Ka SZ überwiegt.

Stad. IV. Schließlich ist alles normal geworden, nur ist die Erregbarkeit (besonders die muskuläre) gewöhnlich noch längere Zeit herabgesetzt, subnormal, ohne daß jedoch noch irgendwelche qualitative Abnormität besteht.

Ad II. schwere komplette Ea R.

Die schwere komplette Ea R.

In Fällen, in denen die Läsion derart ist, daß eine Heilung nicht zu stande kommen kann, (also z. B. bei irreparablen, einen Nerven komprimierenden Tumoren oder bei Kontinuitätstrennungen eines Nerven, die dauernd bestehen bleiben), bietet zunächst die elektrische Untersuchung dasselbe Bild, wie bei den leichten und mittelschweren Fällen.

Stad. I und II verlaufen in derselben Weise wie bei den heilbaren Fällen. Gegen Ende der 1. Woche Herabsetzung der indirekten sowohl als der direkten Erregbarkeit für beide Stromesarten; in den nächsten Wochen völliges Erlöschen der Nervenerregbarkeit für beide Ströme und Erlöschen der direkten Muskelerregbarkeit selbst für stärkste faradische, während die galvanische Muskelreaktion das typische Bild der EaR zeigt: erhöhte Erregbarkeit, träge Zuckung usw. — Aber an Stelle des Stadiums der Regeneration tritt jetzt als

Stad. III: Das Stadium des völligen Muskelunterganges. Die indirekte Erregbarkeit (die vom Nerven aus) bleibt dauernd erloschen, ebenso die faradische direkte Muskelerregbarkeit. Die galvano-muskuläre erhöhte Erregbarkeit sinkt zwar ebenfalls, wie bei den heilbaren Fällen, aber sie sinkt weit unter die Norm, und die Zuckung wird nicht rascher, sondern bleibt träge, ja scheint sogar gelegentlich mit der Zeit noch träger und schleichender zu werden (auch die Zuckungsformel zeigt, wenn sie verändert war, keine Tendenz, zur Norm zurückzukehren). Schließlich ist nur noch mit sehr starken Strömen eine ganz wurmförmige (Anoden-)Zuckung auszulösen; zuletzt erlischt auch diese: das Muskelgewebe ist untergegangen, Zwischengewebe ist an die Stelle der kontraktilen Substanz getreten. —

Ad III. partielle Ea R.

Die partielle Ea R.

Die partielle Ea R bietet, wie gesagt, gleichsam eine Skizze des oben gezeichneten typischen Bildes der Ea R. Das

Stad. I gleicht dem der kompletten meistens gänzlich: Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Stromesarten bei direkter sowohl als bei indirekter Reizung gegen Ende der 1. Woche. Gelegentlich besteht auch normale oder erhöhte Erregbarkeit.

Stad. II. In den nächsten Wochen jedoch tritt kein Erlöschen der Erregbarkeit ein, sondern sowohl die Erregbarkeit vom Nerven aus als die faradische Muskelerregbarkeit bleiben erhalten; sie zeigen nur eine mehr oder weniger starke Herabsetzung. Häufig bleiben sie auch ganz normal. Dagegen bietet die galvano-muskuläre Reaktion alle Charakteristika der Ea R: träge Zuckung, erhöhte Erregbarkeit (und ev. Umkehr des Zuckungs-Gesetzes.) —

Stad. III. Nach wenigen Wochen — meistens nach 6 bis 12 Wochen — gleicht sich alles aus und kehrt zur Norm zurück.

Eine schwere Form der partiellen Ea R.

Aber die partielle Ea R nimmt auch mitunter einen ganz anderen, nicht so gutartigen Verlauf. Er ist besonders häufig bei den progressiven Erkrankungen, z. B. den spinalen Myatrophieen, der Syringomyelie usw., überhaupt bei Erkrankungen im Gebiete der Ursprungszellen der peripherischen motorischen Neurone, aber auch bei langsam wachsenden, einen Nervenstamm komprimierenden Tumoren nachzuweisen. Hier zeigt sich nämlich in der ersten Zeit dasselbe elektrische Verhalten, wie es eben erwähnt wurde. Aber die Herabsetzung der indirekten und faradischen direkten Erregbarkeit bleibt sehr, sehr lange, monate- und selbst jahrelang, bestehen: die Erregbarkeit sinkt immer mehr, aber zum Erlöschen kommt es nicht. Während dieser Zeit sinkt auch die anfangs erhöhte, galvano-muskuläre Erregbarkeit bis zur Norm, oft auch weit unter die Norm, während die Zuckung ihren trägen Charakter beibehält. Dieser Zustand kann dauernd bestehen bleiben; oder es erfolgt nach Jahren ein Erlöschen der Erregbarkeit auf der ganzen Linie — der direkten sowohl als der indirekten für beide Stromesarten. —

Anm. Bei den spinalen Myatrophieen langsamer Progression (übrigens auch bei anderen spinalen Erkrankungen) finden sich demnach besonders häufig drei Formen elektrischer Veränderungen:

1) einfache, quantitative Herabsetzung der Erregbarkeit (s. S. 63) für beide Stromesarten (sowohl direkt als indirekt), progredient bis zum Erlöschen.

2) komplette Ea R (schwere Form); oder — am allerhäufigsten —

3) die eben geschilderte Form (wenn man so sagen darf, die „maligne" Form) der partiellen Ea R.

Die 1. und 3. Form unterscheiden sich im Aussehen und Ablauf nur dadurch, daß bei der „malignen" partiellen Ea R die galvano-muskuläre Zuckung mehr oder weniger träge ist, während sie bei der einfachen progressiven Herabsetzung blitzartig bleibt.

Das Fahnden nach einer der verschiedenen Formen der Ea R und das Heraussuchen des jeweiligen Stadiums derselben hat 1) einen lokal-diagnostischen, 2) einen prognostischen Wert; 3) gelegentlich auch einen therapeutischen. Das bezüglich der Lokaldiagnose Erwähnenswerte ist bereits oben genügend hervorgehoben worden: Ea R beweist (Ausnahmen s. unten S. 81) ein Befallensein der peripherischen motorischen Neurone. An welcher Stelle des Neurons die Erkrankung sitzt, muß die anderweitige Untersuchung — die der Motilität, der Sensibilität, der Reflexe, die Anamnese usw. — ergeben. Fehlen von Ea R beweist freilich nichts gegen ein Betroffensein peripherischer Nerveneinheiten; nur ist in solchen Fällen ihr Vorhandensein bei weitem das häufigste.

Über das Stadium, in welchem sich der Prozeß befindet, über die Schwere der Ea R und demgemäß über die Dauer und Prognose des einzelnen Falles orientiert man sich nach dem Gesagten (ev. mit Hilfe der Tabelle) in den meisten Fällen ohne Schwierigkeit.

Die Benutzung der Tabelle.

Kommt (um ein Beispiel anzuführen) ein Patient mit einer rheumatischen Facialislähmung am 3. Tage nach der Läsion zur ärztlichen Untersuchung, und es findet sich bei der elektrischen Prüfung keine Abweichung von der Norm, so ist die Untersuchung nach 3—4 Tagen zu wiederholen. Ist am 7.—8. Krankheitstage noch immer keine Veränderung da, dann ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sich komplette Ea R nicht einstellen wird: es könnte immerhin noch partielle Ea R bezw. einfache quantitative Herabsetzung der Erregbarkeit sich entwickeln, oder es bleibt dauernd normales Verhalten bestehen. Anders, wenn sich um diese Zeit (also Ende der ersten, Anfang der zweiten Krankheitswoche) Herabsetzung der direkten oder indirekten Erregbarkeit (oder beides) zeigt. Auch dann ist es zwar noch immer möglich, daß es bei der rein quantitativen Herabsetzung bleibt, aber es kann sich doch auch um den Anfang partieller oder kompletter Ea R handeln.

Mit Sicherheit entscheidet sich das gewöhnlich in der 2. bis spätestens 3. Woche nach der Läsion: tritt um diese Zeit irgendwo in den Muskeln bei galvanischer Reizung träge Zuckung auf, dann ist das Vorhandensein von Ea R sicher. Auf die **galvanomuskuläre Zuckungsform** also ist die besondere Aufmerksamkeit bei der Untersuchung zu lenken. Gewöhnlich wird dann

auch gleichzeitig Erhöhung der galvano-muskulären Erregbarkeit (oft auch Umkehr der Zuckungsformel) eintreten.

Und um dieselbe Zeit oder wenig später wird es sich auch entscheiden, ob die Ea R partiell oder komplett ist: erlischt nämlich die Nervenerregbarkeit und die faradische Muskelerregbarkeit, dann handelt es sich um komplette Ea R; erlischt sie nicht, — um partielle (gleichgültig, ob die Erregbarkeit normal, herabgesetzt oder auch gesteigert ist). Im letzten Falle wird die Krankheitsdauer ca. 6 bis 12 Wochen nicht übersteigen; bei erloschener indirekter und faradischer Muskelerregbarkeit wird das Leiden in der Regel $^1/_2$—$^3/_4$ Jahr dauern (die seltenen Fälle leichter kompletter Ea R ausgenommen), vielleicht aber überhaupt unheilbar bleiben.

Eine wichtige Differentialdiagnose.

Diese letztere, sehr wichtige, prognostisch bedeutsame Differentialdiagnose aber, nämlich die zwischen der mittelschweren und der schweren Form der Ea R, kann um diese Zeit gewöhnlich noch nicht gestellt werden, sondern erst in späterer Zeit, jedenfalls meistens erst nach der 8.—10., oft erst nach der 15.—20. Woche: ist um diese Zeit irgendwo an Stellen, deren Erregbarkeit erloschen war, eine Wiederkehr zu finden, also ist z. B. bei starken Strömen nach indirekter (Nerven-)Reizung wieder in irgend einem Muskel des erkrankten Gebiets eine Zuckung zu sehen, oder reagiert einer der bis dahin unerregbaren Muskeln auf den faradischen Strom direkt (wenn auch erst bei großen Stromstärken), so ist das ein prognostisch günstiges Zeichen, ein Zeichen dafür, daß wahrscheinlich eine heilbare Form vorliegt. Je mehr Muskeln direkt oder indirekt reizbar werden, um so günstiger wird die Prognose. — Wenn aber von alledem nichts erfolgt, dann ist es von Wichtigkeit, auf die Form der galvanischen Muskelkontraktion zu achten: sinkt nämlich die galvano-muskuläre Erregbarkeit, und wird dabei die früher träge Zuckung **rascher,** dann ist die Prognose im allgemeinen günstig (s. Tabelle, Stad. III der mittelschweren kompletten Ea R). Sinkt dagegen die galvano-muskuläre Erregbarkeit, und bleibt dabei die Zuckung andauernd **träge,** ja wird vielleicht noch träger, dann ist die Prognose im allgemeinen ungünstig; es handelt sich dann um die schwere Form der kompletten Ea R (s. Tabelle, Stadium III der schweren Ea R). Freilich soll man mit dem Stellen einer ungünstigen Prognose lange Zeit warten: selbst nach 30, 40 Wochen, ja sogar nach einem Jahre und später sieht man eine Wiederkehr der Erregbarkeit und ein Normalwerden der galvano-muskulären Reaktion.

Indem von weiteren Beispielen Abstand genommen wird, sei nur noch auf folgende, praktisch wichtige Tatsachen aufmerksam gemacht:

Eine spezielle prognostische Bedeutung.

1) Eine spezielle prognostische Bedeutung kommt der Ea R für einzelne Formen peripherischer Lähmungen zu. Das sind die sogen. rheumatischen Facialislähmungen und einzelne Drucklähmungen, z. B. die Radialisschlaflähmung usw. Die Lähmungen dieser Art sind in der Mehrzahl der Fälle heilbar, und man kann drei Gruppen von ihnen unterscheiden:

a) Lähmungen ohne Ea R: heilen meist in 2—3 **Wochen**.

b) Lähmungen mit partieller Ea R: heilen in etwa 6—12 Wochen.

c) Lähmungen mit kompletter Ea R (es handelt sich da gewöhnlich um die mittelschwere Form): brauchen mindestens 6—9—12 **Monate** bis zur Heilung.

In allen solchen Fällen kann man meistens bereits am Ende der 1., bezw. in der 2. Woche dem Patienten seine Prognose sagen: findet man um diese Zeit normales elektrisches Verhalten, dann handelt es sich um einen Fall aus Gruppe a, der in 2—3 Wochen gewöhnlich geheilt ist. Ist um diese Zeit partielle Entartungsreaktion nachzuweisen, dann pflegt nach 8 Wochen das Leiden abgelaufen zu sein.*) Ist dagegen die indirekte Erregbarkeit und die direkte faradische erloschen bei gleichzeitigem Bestehen galvano-muskulärer Entartungsreaktion, dann vergehen mindestens 6—9 Monate, bis die Heilung erfolgt, wenn sie nicht — auch bei diesen, prognostisch relativ günstigen Fällen — gänzlich ausbleibt. —

Abweichungen vom Schema.

2) Während die meisten Fälle spinaler und bulbärer (besonders progressiver) Erkrankungen, sowie die traumatischen und rheumatischen Läsionen der peripherischen Nerven in einen der oben gegebenen Typen sich unterordnen lassen und demnach bei ihnen das elektrodiagnostische Verfolgen vorhandener degenerativer Veränderungen für Diagnose und Prognose ein wertvolles Hilfsmittel abgibt, läßt uns das Schema bei einzelnen Krankheitsformen (namentlich bei vielen **Neuritiden** — fortgeleiteten, toxischen oder infektiösen —, bei den Nervenkompressionen und **Meningitiden** usw.) nur allzu häufig im Stich. — Zwar kann es cum grano salis auch für diese Fälle meistens verwertet werden, und besonders der prognostische Unterschied zwischen der kompletten und partiellen Form der Ea R ist auch hier in der Regel nachzuweisen. Aber im Ablaufe bieten diese Fälle so viele Unregelmäßigkeiten, die zum Teil von äußeren Zufälligkeiten (Fortwirken oder zeitweisem Ausgeschaltetwerden toxischer Einflüsse usw.) abhängen, daß sich eigentliche Typen für den Ablauf dieser Erkrankungen nicht gut aufstellen lassen. (Über Bleilähmung s. S. 68, Fußnote.)

Die aktive Beweglichkeit.

3) Der Verlust oder die Störung der **aktiven Muskelbeweglichkeit durch Willensimpulse** geht bei Lähmungen mit den elektrischen Veränderungen ebensowenig völlig synchron, wie die event. Wiederkehr dieser Beweglichkeit. Bald ist zuerst die Lähmung da, und die elektrischen Veränderungen folgen dieser erst (so tritt z. B. meistens bei traumatischen Lähmungen unmittelbar nach dem Trauma Unbeweglichkeit, aber erst tagelang nachher Ea R ein); bald andererseits verkündet eine elektrische Veränderung in einem sonst anscheinend intakten Muskel den Beginn der Paralyse oder Parese des Muskels längere Zeit voraus (z. B. mitunter bei progressiven spinalen, bei Blei-

*) Allerdings kann sich in einzelnen (seltenen) Fällen noch spät — nach 5 Wochen — aus partieller Ea R komplette entwickeln.

lähmungen usw): in solchen Fällen ist natürlich der elektrische Befund von besonderer Bedeutung. — Bei den einer Regeneration fähigen Prozessen pflegt meistens die Willensinnervation früher wiederzukehren als die Reaktion auf den elektrischen Reiz; doch kommen hier erhebliche Abweichungen vor. In vereinzelten Fällen ist die Divergenz zwischen Ablauf der Lähmung und der elektrischen Entartungszeichen ganz besonders beträchtlich: so wurde z. B. beobachtet, daß erst nach völliger Wiederkehr der Funktion die ersten Zeichen von EaR auftraten (Wertheim-Salomonson bei peripherischer Facialislähmung); andererseits aber kann noch nach längst vollendetem Ablauf von EaR jahrelange Unbeweglichkeit bestehen bleiben (eigene Beobachtung, publiziert von Sossinka). Alle diese Fälle sind aber sicherlich Ausnahmen.

Partielle Lähmungen.

4) In vielen Fällen sind im Gebiete eines gelähmten Nerven nicht alle Muskeln — oder doch nicht alle in gleich hohem Grade — von der Lähmung betroffen und zeigen demnach auch die verschiedenen Muskeln ganz verschiedenes elektrisches Verhalten. Das ist leicht begreiflich, wenn man an einen myogenen, gleichsam von Muskel zu Muskel fortkriechenden oder an einen die Muskeln direkt treffenden Prozeß, z. B. ein Trauma, denkt. (Die elektrischen Veränderungen in solchen Fällen werden übrigens, wie oben S. 63 ausgeführt, gewöhnlich rein quantitativer Natur sein.) — Schwerer verständlich könnte das Vorkommen partieller Lähmungen sein, wenn es sich um Erkrankung eines peripherischen Nerven oder des Zentralorgans handelt.

Folgende anatomische Daten werden das Verständnis für diese Tatsache erleichtern:

Die Lokalisation im Rückenmark.

a) Die spinalen motorischen Vorderhornzellen, von denen aus die Bewegungsimpulse zu irgend einem bestimmten Körpermuskel geleitet werden, liegen nicht in einem einzigen Höhenniveau des Rückenmarks; es ist vielmehr die zentrale Zellenvertretung eines einzigen Muskels oft über eine ganze Reihe von Querschnittssegmenten verteilt.

b) In einem und demselben Höhenniveau finden sich andererseits oft mehrere verschiedene Körpermuskeln durch Zellen vertreten.

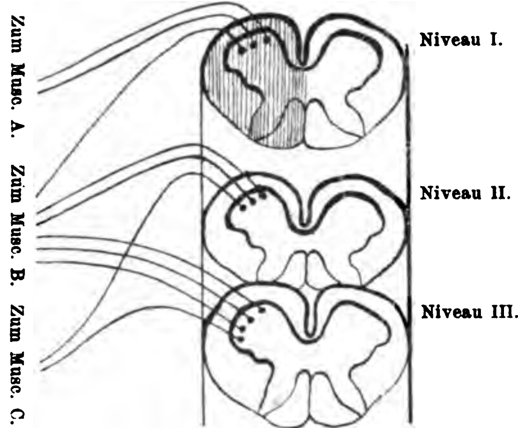
Die umseitig stehende schematische Figur (Fig. 27) soll die aus diesen Tatsachen sich ergebenden Folgerungen erläutern:

Nehmen wir als Beispiel einen Nervus x, so sehen wir an der schematischen Zeichnung, daß dieser Nerv seine Fasern aus drei Höhenniveaus bezieht: Niveau I., II. und III. Das Niveau I. entsendet erstens Fasern zu einem Musculus A, der sonst von nirgend woher weitere Fasern bezieht, und zweitens eine Faser zu einem Musc. B, der die große Menge seiner Fasern aus Niveau II. und III. bezieht. Niveau II. entsendet außerdem noch eine Faser zu einem Musc. C, der noch eine weitere Faser vom Niveau III. erhält. — Nehmen wir nun an, ein Krankheitsherd zerstörte das Niveau I. halbseitig, dann müßte der Musculus A völlig entarten, da alle ihn versorgenden Zellen und Fasern degenerieren würden; der Musc. B würde ebenfalls geschädigt werden, aber so wenig, daß bei der Menge seiner von andersher bezogenen Fasern sich funktionell und elektrisch entweder ein wesentlicher Faserausfall überhaupt nicht würde konstatieren lassen, oder daß doch die Veränderungen nur geringfügiger Natur sein würden; der Musc. C würde gänzlich intakt bleiben. — Wenn man in einem solchen Falle den Stamm des Nervus x elektrisch reizen würde, dann würde man in dem von ihm versorgten Gebiet zwar Muskelkontraktionen auf beide Stromes-

1. capable
2.
3. ... forth

arten erhalten, aber nicht alle Muskeln würden zucken, sondern nur Musc. B und C, während im Musc. A keine Kontraktionen erfolgen würden. Wenn man nun die einzelnen Muskeln direkt elektrisch reizte, so fände man, daß der Musc. A faradisch unerregbar wäre und galvanomuskuläre Ea R zeigte; im Musc. B. fände man entweder gänzlich normales Verhalten bezw. leichte quantitative Herabsetzung der Erregbarkeit oder auch herab-

Fig. 27.



Schema der Rückenmarks-Lokalisation.

gesetzte faradische Erregbarkeit bei galvanomuskulärer Ea R (partielle Ea R); der Musc. C würde keinerlei Veränderung zeigen. — Man hätte also im Gebiete des Nervus x drei Muskeln; von denen zeigte der eine, Musc. A, komplette Ea R (er ist indirekt und faradisch direkt unerregbar und hat galvanomuskuläre Ea R); der andere, Musc. B, normales Verhalten oder einfache Herabsetzung oder partielle Ea R; der dritte, Musc. C, normales Verhalten. —

Solche partielle Lähmungen eines Nervengebietes, bei welchen die einzelnen, von diesen Nerven versorgten Muskeln untereinander ein ganz verschiedenes nutritives, funktionelles und elektrisches Verhalten zeigen, sind außerordentlich häufig. Besonders finden sie sich bei Erkrankungen, die die Ursprungszellen peripherischer motorischer Neurone betreffen, also vorzüglich bei spinalen (oder auch bei bulbären) Leiden. So ist es z. B. bei der Poliomyelitis acuta der Kinder ein sehr gewöhnliches Vorkommnis, daß bei dem „Beintypus“ dieser Krankheit in dem am meisten befallenen Peroneusgebiete ein Muskel, z. B. Tibialis anticus, komplette Ea R zeigt, dagegen die anderen Muskeln nur mehr oder minder leichte Schädigungen darbieten oder völlig intakt bleiben; mutatis mutandis trifft dies für viele andere Fälle spinaler Erkrankungen zu.

Aber auch bei Verletzungen oder andern Erkrankungen der peripherischen Nervenfasern ist es gar nicht selten, daß nicht alle Fasern eines Nerven in gleicher Weise erkranken, obwohl bei dem relativ geringen Querschnitt der Nervenstämme ein partielles Ergriffensein derselben schwieriger sein muß als ein partielles Erkranken der räumlich weit getrennten Ursprungszellen im Vorderhorn. — Bei den

Fasererkrankungen sind es namentlich die toxischen Lähmungen, die eine Art Auswahl unter den Muskeln eines bestimmten Nervengebiets treffen; so erkranken beispielsweise bei der Bleilähmung vom Radialisgebiete meist nur einige Muskeln: die Strecker und der lange Abduktor des Daumens, sowie die Supinatoren (mitunter auch der Extensor carpi ulnaris) bleiben in der Regel frei und von der Lähmung verschont. In diesen Fällen wird man vom N. radialis aus bei elektrischer Reizung zwar Zuckungen erhalten, aber nur Zuckungen einiger, nicht aller vom Radialis versorgten Muskeln; und in diesen indirekt unerregbaren Muskeln wird man verschiedene, bald schwere, bald leichte elektrische Veränderungen finden können. Diese partiellen Lähmungen mit Ea R (kompletter oder partieller) eines oder einiger Muskeln im erkrankten Gebiete darf der Anfänger nicht mit partieller Ea R verwechseln.

Dasselbe, was sich bei der Bleilähmung und andern toxischen Paralysen findet, ist auch sonst bei peripherischen Fasererkrankungen, also z. B. den rheumatischen und traumatischen, anzutreffen.*)

Häufig freilich, wenn man an einem erkrankten Nervengebiete in verschiedenen Muskeln ein verschiedenes elektrisches Verhalten sieht — z. B. in einigen komplette, in anderen partielle Ea R oder dergl. —, ist das ein Zeichen beginnender Regeneration: in diesem Stadium ist ja ein Wiederkehren vorher erloschener Erregbarkeit geradezu die Regel; und dieses Wiederkehren geschieht gewöhnlich so, daß sich eine oder die andere Fasergruppe früher erholt als die übrigen. Oft aber ist ein partielles, mehr oder weniger vollkommenes Verschontbleiben einzelner Muskeln, dem auch ein analoges elektrisches Verhalten entspricht, bei Fasererkrankungen dieser Art gleich von Anfang an vorhanden.

Für jeden Untersucher, besonders für den Anfänger, ergibt sich aus dem Gesagten, daß es nötig ist, bei jeder elektrischen Prüfung 1) direkt womöglich alle Muskeln eines erkrankten Gebiets zu untersuchen, 2) bei indirekter Reizung (vom Nerven aus) immer darauf zu achten, ob auch alle von dem suspekten Nerven versorgten Muskeln sich kontrahieren, oder ob die Wirkung einiger ausbleibt: letzteres erkennt man in vielen Fällen am fehlenden Vorspringen der Muskelkonturen oder am Ausfall der betr. Muskelfunktion aus der Gesamtaktion, die auf die Nervenreizung erfolgt.**)

---

*) Besonders oft findet es sich bei den angeborenen oder in frühster Kindheit erworbenen Facialislähmungen (s. S. 66).

**) So wird, um bei obigem Beispiel zu bleiben, bei einem Ausfall des M. tibialis anticus infolge Poliomyelitis anterior acuta auf elektrische Reizung des N. peroneus eine Kontraktion der Peroneusmuskulatur erfolgen; aber erstens wird der Kontur des Tibialis anticus nicht vorspringen, und zweitens wird die Dorsalflexion des Fußes, die normaliter durch Peroneusreizung grade aufwärts erfolgt, in diesem Falle nach außen oben geschehen: nur der äußere Fußrand wird gehoben werden, der innere nicht, woraus man leicht erkennen wird, daß der Heber des inneren Fußrandes fehlt; das ist der Tibialis anticus. —

Anhang zur Ea R.

Es sind noch einige Vorkommnisse besonders zu erwähnen, die bei der Ea R ab und zu beobachtet werden, ohne jedoch Anspruch auf besondere diagnostische oder prognostische Bedeutung zu haben. Sie müssen nur genannt werden, weil sie in manchen Fällen auffallen und stutzig machen könnten:

Es war bisher von einer trägen Zuckung als Zeichen der Ea R immer nur bei der direkten Muskelreizung die Rede und zwar bei Reizung mit dem galvanischen Strom. Nun kommen aber

Indirekte Zuckungsträgheit.

1) Fälle vor, in denen auch bei indirekter Reizung die galvanische Zuckung trägen Charakter zeigt. Das können natürlich nur Fälle von partieller Ea R sein.*) Solche Fälle von partieller Ea R mit indirekter Zuckungsträgheit sind besonders bei peripherischen Fasererkrankungen nicht selten zu beobachten.

Anm. Man muß aber mit der Diagnose der „indirekten Zuckungsträgheit“ sparsam umgehen: wenn nämlich, wie z. B. beim N. facialis, der Nervenstamm den von ihm versorgten Muskeln sehr benachbart ist, so kann beim Versuche der Nervenreizung (trotz tatsächlicher gänzlicher Unerregbarkeit des Nerven) durch Stromschleifen auf die (im Stad. II) sehr erregbaren Muskeln eine indirekte träge Zuckung vorgetäuscht werden; nur wenn der Nerv von dem Muskel, der bei indirekter Reizung träge zuckt. weit entfernt ist (wie z. B. der M. extensor digitorum communis brevis vom N. peroneus), kann die gesehene Zuckungsträgheit als wirklich indirekte ohne weiteres angesprochen werden; im anderen Falle sind besondere Kontrollversuche nötig. (S. auch S. 70, Fußnote 2.)

Faradische Ea R.

2) sind gelegentlich auch faradisch träge Zuckungen in entarteten Muskeln zu beobachten: der faradische Tetanus beginnt dann nicht, wie in der Norm, mit einem Ruck und endet auch nicht wie in der Norm sofort mit der Stromöffnung, sondern — ähnlich wie bei der galvanischen Ea R — schleicht die tetanische Zuckung langsam ein, und ebenso langsam wieder erschlafft der kontrahierte Muskel. Man hat das als faradische Ea R beschrieben (deren Ähnlichkeit mit der galvanischen auch darin besteht, daß die faradische Erregbarkeit in solchen Fällen gesteigert sein kann). Die Fälle sind selten, kommen aber zweifellos vor.

Auch hier muß vor Verwechselungen gewarnt werden: Bei Muskeln nämlich, die willkürlich oder unwillkürlich (durch Kontrakturen z. B.) gespannt werden, wird oft eine träge faradische Zuckung dadurch vorgetäuscht, daß der gespannte Muskel auf den elektrischen Reiz erst allmählich, unter langsamem Nachlassen der Spannung, nachgibt. Diese faradische „Pseudo“-Zuckungsträgheit hat mit der eben erwähnten sogen. faradischen Ea R nichts zu tun. Der Anfänger muß sich nur daran halten, daß träge faradische Zuckungen nicht häufig sind.

Besteht außer der galvanomuskulären auch indirekte und faradische Zuckungsträgheit, so spricht man von „obligater Zuckungsträgheit“.

---

*) Entweder der partiellen Ea R sensu strictiori oder derjenigen Stadien kompletter Ea R, die der partiellen ähnlich sehen, also des Initial- oder Regenerationsstadiums. Auch diese Stadien der kompletten Ea R bezeichnet man gelegentlich fälschlich mit dem Namen „partielle Ea R“.

Zum Schlusse dieses Kapitels soll noch einmal auf etwas rekurriert werden, was schon früher andeutungsweise behandelt worden ist. Es betrifft Ausnahmen vom Gesetze der EaR. S. 64 wurde erwähnt, daß EaR in einigen Fällen myopathischer Muskelatrophie gefunden worden ist, also bei einer Erkrankung, deren Sitz außerhalb der peripherischen motorischen Neurone, in den Muskeln angenommen wird. Auch in Fällen von Erkrankung zentraler motorischer Neurone, bei cerebralen Hemiplegieen nämlich, wurden in den gelähmten Muskeln einzelne Symptome der EaR (Umkehr der Zuckungsformel, verlangsamte galvanische Zuckung) hier und da beobachtet (Eisenlohr, Petrina). Es könnte demnach scheinen, als ob das „Gesetz der EaR“ (s. S. 59) nicht ohne Einschränkung gelte. Tatsächlich ist bisher dieser Schluß nicht gezogen worden: jene Fälle von Dystrophie mit EaR haben vielmehr — umgekehrt — zu der Vermutung geführt, daß die Dystrophieen alle oder zum Teil nichtmuskulärer Genese sein, sondern spinalen (Vorderhorn-)Erkrankungen ihren Ursprung verdanken mögen: und für jene Hemiplegieen, die mit Zeichen von EaR auftraten, konnte man hypothetisch ein „sekundäres Miterkranken der Vorderhörner“ annehmen und die Entartungserscheinungen auf dessen Rechnung setzen (s. übrigens auch p. 68, Fußnote 1). — Ob diese Erklärungen richtig sind, ob nicht vielleicht aus diesen höchst interessanten Fällen später andere Schlüsse zu ziehen sein werden, läßt sich zurzeit nicht erörtern. Soviel steht jedoch fest — und besonders der Anfänger sollte trotz der erwähnten Fälle daran festhalten —, daß es eben nur Ausnahmen und zwar sehr seltene Ausnahmen sind, und daß für die überwiegende Mehrzahl der Fälle die EaR ein sicheres, fast untrügliches lokal-diagnostisches Zeichen im angeführten Sinne bildet.

Ausnahmen vom Gesetz der EaR.

1.

---

2. Andere quantitativ-qualitative Veränderungen.

In manchen Fällen von Muskelatrophie, unabhängig davon, ob es degenerative oder einfache Atrophieen sind, kommen gewisse Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit vor, die sich teils aus quantitativen, teils aus qualitativen Momenten zusammensetzen, und die — obwohl sie nicht sehr wichtig sind — am besten im Anschluß an die Entartungsreaktion besprochen werden können. Diese Veränderungen, die einen lokal-diagnostischen Schluß — wie besonders hervorgehoben zu werden verdient — nicht zulassen, sondern nur für Vorhandensein von Muskelschwäche überhaupt sprechen, sind:

Die herabgesetzte Maximalkontraktion.

1) Die Herabsetzung der Maximalkontraktion und die bündelweise Zuckung. Während wir bisher immer zur Feststellung der Erregbarkeit eines Muskels seine Minimal-Kontraktion benutzt und die Stromstärke, bei der diese eintritt, mit derjenigen verglichen haben, bei der symmetrische Muskeln oder dieselben Muskeln gesunder Personen zucken, ist es doch bei atrophieverdächtigen Muskeln ge-

1. Infallible
2. un depend...

legentlich auch von Interesse zu beobachten, wie sich die Zuckung verhält, wenn man den Strom, von minimalen Stärkegraden anfangend, immer kräftiger werden läßt. Man sieht dann im normalen Muskel, daß die faradische Zuckung — der faradische Tetanus — immer intensiver wird bis zu einer gewissen oberen Grenze, über die hinaus eine Verstärkung der Kontraktion nicht eintritt; und daß die galvanische Zuckung (Ka SZ) allmählich in den Tetanus übergeht, der seinerseits wiederum immer kräftiger wird bis zu einer oberen Grenze. Dasselbe sieht man auch an atrophischen und an degenerierenden Muskeln — mutatis mutandis. — Es gibt aber Fälle, in denen selbst bei stärksten Strömen der Muskel gewissermaßen nicht über die minimale Kontraktion hinauskommt; er zuckt bei starken Strömen nicht anders und nicht kräftiger als bei schwachen. Das ist ein Zeichen von Schwäche des Muskels. Es kann praktisch von Interesse sein, wenn der Verdacht auf simulierte Muskelschwäche (bei der gutachtlichen Tätigkeit des Arztes) vorliegt, oder wenn es sich in Fällen progressiver Atrophie in funktionell noch intakten Muskeln findet. —

Bündelweise Zuckung.

Mit dieser Reaktionsanomalie quantitativer Natur ist oft eine qualitative vereint, die bündelweise Zuckung: der betreffende Muskel kontrahiert sich bei der Reizung nicht in toto, auch nicht zu einem beträchtlichen Teil, wie das normaliter geschieht; sondern es ziehen sich nur wenige Bündel zusammen, die dann als schmale, wenig prominente Leiste sichtbar werden. Die bündelweise Kontraktion muß nicht mit der Herabsetzung der Maximalzuckung verbunden sein. Beide Abnormitäten kommen getrennt vor; und beide Abnormitäten — einzeln oder gemeinsam — können sich außerdem mit einer der Formen der EaR verbinden. Aus den beiden genannten Störungen an sich läßt sich auf die Art der vorliegenden Atrophie kein Schluß ziehen.

Myoklonische Kontraktionen.

2) Die myoklonischen Kontraktionen; von ihnen gilt dasselbe wie von den genannten Abweichungen: auch sie beweisen nichts als Vorhandensein von Schwäche resp. Atrophie, sie haben keine lokaldiagnostische Bedeutung und kommen mit anderen Anomalieen (besonders oft mit der bündelweisen Zuckung) vereint vor. Sie bestehen darin, daß der faradische Strom keinen Tetanus, sondern nur mehrere einzelne, gewissermaßen klonische Zuckungen der Muskelsubstanz hervorruft, die während der Dauer des Stromschlusses mehr oder weniger rasch aufeinander folgen.*)

Wenn eine von diesen Veränderungen gefunden wird, ist es zweckmäßig, in der Protokolltabelle eine entsprechende Bemerkung darüber einzufügen, also z. B.:

---

*) Nicht damit zu verwechseln ist das fibrilläre Muskelzucken, das nach längerdauernder faradischer Reizung auch normaler Muskeln in diesen noch einige Zeit nach Stromöffnung zu sehen ist.

	Rechts		Links	
	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. deltoideus vord. Portion.	100 mm RA (herabgesetzte Maximalkontraktion, bündelweise und myoklonisch)		100 mm RA (normal).	

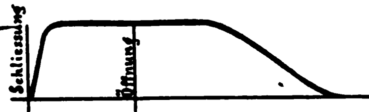
c) Die rein qualitativen Veränderungen.

Die rein qualitativen Veränderungen der Reaktion der Muskeln und motorischen Nerven sind selten und können in Kürze besprochen werden. Bisher sind bekannt:

Myotonische Reaktion.

1) Die myotonische Reaktion. Bei der Myotonia congenita (Thomsenschen Krankheit), deren Hauptsymptom bekanntlich darin besteht, daß bei willkürlichen Muskelkontraktionen die Kontraktion den Willensreiz überdauert — die Muskelzuckung länger als beabsichtigt anhält — findet man, daß sowohl bei mechanischer als bei elektrischer Reizung eine entsprechende Nachdauer der Kontraktion stattfindet: Wenn man einen myotonischen Muskel beklopft, so tritt der durch das Klopfen gereizte Muskelwulst in toto hervor und bleibt noch eine geraume Zeit vorspringend sichtbar. Dasselbe erfolgt bei faradischer Reizung: noch längere Zeit, nachdem der Strom geöffnet und die Elektrode entfernt ist, sieht man den kontrahierten Muskel prall vorspringen und sich von der Umgebung abzeichnen. Erst ganz allmählich gleicht sich die Kontraktion aus. Das ist von der „trägen Zuckung“ der EaR wohl zu unterscheiden: die myotonische Zuckung beginnt mit einem Ruck, die träge Zuckung schleicht ganz allmählich ein; die myotonische Zuckung tritt sowohl auf faradische als auf stärkere galvanische Schließungsreize (auf faradische meist deutlicher) ein, die träge Zuckung fast immer nur bei galvanischer (in Ausnahmefällen bei faradischer) Reizung; auch dauert die träge Zuckung bei weitem nicht so lange, wie die myotonische in ausgesprochenen Fällen. Wer sie einmal gesehen hat, erkennt sie sofort wieder und verwechselt sie nicht.

Fig. 28.



Diese für die Myotonie beinahe pathognostische*) Veränderung sieht man besonders bei direkter Muskelreizung, weniger deutlich bei Nervenreizung. Die quantitativen Verhältnisse sind dabei meistens

*) Auch in Fällen sogen. Myotonia acquisita kommt sie vor, aber auch sicherlich bei einzelnen anderen Krankheiten (Syringomyelie usw.).

ganz normal; nur ab und zu ist die direkte galvanische Erregbarkeit etwas erhöht oder die indirekte Erregbarkeit herabgesetzt (auch Überwiegen der An SZ kommt vor).

Bei derselben Krankheit findet man gelegentlich die Erbschen Wellen, eine weitere qualitative Abnormität: wenn man einen galvanischen Strom größerer Stärke durch den myotonischen Muskel leitet und die Elektroden bei geschlossenem Strom sitzen läßt, oder wenn man stark und anhaltend faradisch reizt, sieht man mitunter wellenförmige Bewegungen in dem erkrankten Muskel, die von der Kathode ausgehen und über den Muskelbauch nach der Anode fortschreiten. —

Eine Art Gegenstück zur myotonischen Reaktion ist

Myasthenische Reaktion.

2) die myasthenische Reaktion (Jolly), andeutungsweise bei den verschiedensten organischen und funktionellen Nervenleiden vorkommend, aber in charakteristischer Ausprägung fast pathognostisch für die Myasthenia gravis pseudoparalytica (oder asthenische Paralyse). Das Hauptsymptom dieser Erkrankung ist das der Ermüdbarkeit: eine mehrmals wiederholte willkürliche Bewegung gelingt nach jeder Wiederholung schlechter und wird schließlich unausführbar. — Eine solche Ermüdung ist auch für den elektrischen Reiz nachweisbar: reizt man einen myasthenischen Muskel, nachdem er geruht hat, mit dem faradischen Strom, so tritt bei der ersten Reizung ein normaler Tetanus ein, bei jeder folgenden Reizung wird der Tetanus kürzer und weniger intensiv, und schließlich — nach mehreren hinter einander folgenden Erregungen — wird der Muskel unerregbar. Nach kurzer Ruhepause beginnt dasselbe Spiel von neuem. Diese Reaktion findet sich nicht in allen Fällen von Myasthenie und kann im Verlaufe eines und desselben Falles abwechselnd fehlen und vorhanden sein. Von der myotonischen Reaktion gilt ähnliches.

Ehe das Krankheitsbild der Myasthenie bekannt wurde, beschrieben Benedikt, Erb, E. Remak u. A. elektrische Reaktionsanomalieen, die die wesentlichen Merkmale der myasthenischen Reaktion zeigen (bei Hemiplegieen, Hirntumoren, Atrophieen und Dystrophieen, Paralysis agitans usw.). — Sie nannten sie „Erschöpfungsreaktion" bezw. „Lückenreaktion". Die letztere wird in der Weise beschrieben, daß galvanische Zuckungen bei mehrmaliger Reizung schließlich ausbleiben und erst bei erhöhter Stromstärke wieder erscheinen.

Neurotonische Reaktion.

3) Die neurotonische Reaktion. E. Remak und Marina haben je in einem Falle (Remak bei einer degenerativen, wahrscheinlich spinalen progressiven Atrophie, Marina bei einer Hysterie) eine Veränderung der elektrischen Erregbarkeit gesehen, die sich dadurch auszeichnete, daß 1) Nachdauer der Kontraktion bestand, analog der bei der Myotonie beschriebenen, aber mit dem Unterschiede, daß das Phänomen nicht bei Muskelreizung, sondern nur bei (faradischer und galvanischer) Nervenreizung zu beobachten war; und daß 2) die An OZ sowie der Ka STe sehr früh auftraten und auch An OTe unschwer zu erzielen war. — Welche Bedeutung dieser Reaktion zukommt, ist zur Zeit noch nicht zu sagen. —

4) Die antagonistische Reaktion. Capriati hat in zwei Fällen von Polyneuritis ein eigentümliches Verhalten der betroffenen Muskulatur gegen gehäufte galvanische, in regelmäßigen Zeitintervallen — alle 2 Sekunden — ausgeführte Reizungen feststellen können: es trat nämlich während einer solchen Serie von Reizungen eine allmähliche, gleichmäßig anschwellende Erregbarkeitssteigerung ein, wenn die Reizelektrode die Kathode war, dagegen eine ebenso gleichmäßige Erregbarkeitsverminderung, wenn sie die Anode war. — Die Beobachtung ist bisher vereinzelt.

Antagonistische Reaktion.

5. Kapitel.

Die elektrische Untersuchung der Sinnesorgane und die elektrische Sensibilität.

Analog dem oben (S. 21ff.) für den motorischen Apparat — die motorischen Nerven und die Muskeln — entwickelten Zuckungsgesetz — welches im wesentlichen besagt, daß dieser motorische Apparat auf die Ka S am leichtesten, auf die An O und An S etwas schwerer und am schwersten auf die Ka O reagiert — wurde der Nachweis geführt (Brenner, Remak u. a.), daß auch der sensorische Apparat, nämlich die höheren Sinnesorgane — Auge und Ohr — in gesetzmäßiger Weise auf die einzelnen Reizmomente antworten; und zwar wiederum am leichtesten auf die Ka S; schwerer auf die An O; am schwersten resp. gar nicht auf Ka O und An S. — Die Reaktion dieser Organe tritt ein, wenn man, wie bei der Muskelreizung, eine indifferente Elektrode irgendwohin (etwa auf das Sternum), eine Reizelektrode von kleinerem Querschnitt auf das Auge oder Ohr direkt aufsetzt, diese Reizelektrode mittels des Stromwenders bald zur An, bald zur Ka macht und bei verschiedenen Stromstärken des galvanischen Stroms Schließungen und Öffnungen ausführt. Die Reaktion äußert sich beim Auge in einem (gewöhnlich farbigen) Lichtbild, beim Ohr in einem Klang. Man kann also, wie man für den Muskelapparat ein Zuckungsgesetz aufgestellt hat, für das Auge ein Lichtbildgesetz, für das Ohr ein Klanggesetz beobachten; der Ka SKl (Klang) und das Ka SB (Bild) treten normalerweise bei den schwächsten Strömen ein. —

Das elektrische Klang- u. Lichtbildgesetz.

Auch für Geruch und Geschmack ist ähnliches gefunden. — Während aber das Muskelzuckungsgesetz für gewisse pathologische Zustände eine — wenn auch nicht grade große — Bedeutung hat (s. die „Umkehr des Zuckungsgesetzes“ im Kapitel „Entartungsreaktion“), sind die anfangs gehegten Erwartungen, daß es sich mit dem Klang- und dem Bildgesetz ähnlich verhalten könnte, nur in sehr geringem Umfange in Erfüllung gegangen. Ja, man neigt neuerdings geradezu zu der Annahme, daß speziell das Klanggesetz (die Acusticus-Formel) nicht nur nicht die Regel bildet, sondern daß es bei Normalen gewöhnlich überhaupt nicht oder doch erst bei sehr hohen Strom-

\. isolate

stärken auftritt, und daß sein Vorhandensein überhaupt oder doch sein Vorhandensein bei geringeren Strömen auf pathologisch vermehrte Leitungsfähigkeit des Mittelohrs (Entzündungen usw.) oder erhöhte Erregbarkeit des N. acusticus (Labyrintherkrankungen usw.) deutet (Barret u. a.). — Übrigens zeigt selbst bei einem Teile dieser Fälle, nämlich den Mittelohrerkrankungen, die Formel zahlreiche Verlaufsanomalieen, ist also diagnostisch nicht recht zu verwerten. Festzustehen scheint, daß bei angeborener Taubstummheit die Normalformel die Regel bildet, während sie bei erworbener gewöhnlich versagt (Alexander und Kreidl).

Erwähnenswert — obwohl streng genommen nicht hierher gehörig — ist auch Babinskis Angabe, daß der bei Normalen oder hysterisch Tauben regelmäßig erzeugbare „galvanische Schwindel“ bei organischer Taubheit selbst unter starken Strömen ausbleibt.

Noch geringer als im Gebiete des Gehörorgans ist die Ausbeute der Elektrodiagnostik im Gebiete des Gesichtssinns und der übrigen Sinne. Es soll daher hier auf diese (wissenschaftlich immerhin interessanten) Dinge, da sie für den Praktiker gleichgültig sind, nicht eingegangen werden.

Etwas anders verhält es sich mit der elektrischen Untersuchung der Hautsensibilität. Diese Untersuchung, der eine praktische Verwendbarkeit nicht abzusprechen ist, unterscheidet sich gänzlich von den vorhererwähnten; sie prüft nämlich nicht die Reaktion der Haut auf den galvanischen,*) sondern die auf den Induktionsstrom, und es ist keine qualitative Untersuchung wie beim Auge und Ohr (wobei etwa die Reizwirkung der verschiedenen Stromschwankungen in Betracht zu ziehen wäre); es handelt sich hier vielmehr um ein rein quantitatives Moment, nämlich um die Tatsache, daß bei Applikation des faradischen Stroms auf die Haut bei einer gewissen geringen Stromstärke normalerweise eine Sensation, ähnlich dem bekannten Gefühl des „Ameisenlaufens“ oder „Kriebelns“, auftritt, welches sich bei allmählicher Verstärkung des Stroms bis zur Schmerzhaftigkeit steigert. Es kann demnach, ähnlich wie am Muskel eine Minimalkontraktion, an der Haut eine Minimalempfindung für den faradischen Strom festgestellt werden. Diese Empfindung wird unter pathologischen Bedingungen Veränderungen (Herabsetzung, Erhöhung oder Erlöschen) erleiden können.

Die farado-kutane Sensibilität.

Die Empfindlichkeit der Haut für den faradischen Strom — die farado-kutane Sensibilität — ist eine Sensibilitätsqualität eigener Art. Inwieweit sie mit einer der übrigen Qualitäten identisch ist, muß zurzeit ebenso dahingestellt bleiben wie die Frage, in welchen Bahnen sie geleitet wird. Jedenfalls darf sie nicht etwa mit der durch den faradischen Strom erzeugten Schmerzempfindung identifiziert werden: nur von einer gewissen Stärke an werden elektrische Reize, ebenso wie alle übrigen, als schmerzhaft empfunden.

---

*) Bernhardt hat übrigens auch Versuche mit galvanischer Prüfung angestellt.

Man prüft die farado-kutane Hautsensibilitüt in folgender Weise: der Patient sitzt am besten, den Rücken dem Apparat zugekehrt. Eine große, indifferente, gut durchfeuchtete Plattenelektrode wird irgendwo in der Mittellinie des Körpers festgehalten; auf die Körperstelle, deren elektro-kutane Sensibilität geprüft werden soll, wird eine (unüberzogene) Elektrode von kleinem Querschnitt aufgesetzt.

Man bedient sich dazu darum einer unüberzogenen, unbefeuchteten Metallelektrode, weil an einer solchen der Hautwiderstand nicht überwunden wird, also keine oder doch nur wenige Stromschleifen in die tiefer liegenden Gewebe eindringen und demgemäß die Oberfläche der Haut, die ja eben untersucht werden soll, von einem sehr dichten, nämlich fast von dem gesamten Strom getroffen wird. Es sind besondere Elektroden für den Zweck der Sensibilitätsuntersuchung konstruiert; die bekannteste ist Erbs „Sensibilitätselektrode" (Fig. 29), deren Metallfläche den Querschnitt eines Bündels von mehreren hundert dünnen Drähten darstellt; man kann sich aber im Notfalle auch einer gewöhnlichen Bürsten- oder Pinselelektrode bedienen.

Fig. 29.



Indem man die Elektrode auf der zu prüfenden Stelle unverschoben sitzen läßt und den faradischen Strom einleitet, schiebt man die sekundäre Rolle des Induktionsapparates, beim größtmöglichen Rollenabstande (also beim schwächsten Strome) beginnend, ganz langsam über die primäre vor und gibt dem Patienten auf, in dem Moment, in welchem er das erste leise Kriebeln an der untersuchten Stelle fühlt, „jetzt!" zu sagen. Man muß die Patienten darauf aufmerksam machen, daß es nicht darauf ankommt, ob sie einen Schmerz vom Strom empfinden, sondern ob sie überhaupt eine leise Empfindung haben. Das wird oft übersehen, und dadurch entstehen falsche Resultate.

Den Rollenabstand, bei dem die Minimalempfindung eintritt, notiert man und die untersuchte Körperstelle markiert man sich, z. B mit einem Farbstift. Sodann wiederholt man — ev. nach einer gewissen Pause — die Untersuchung in derselben Weise noch ein oder mehrere Male und vergleicht die einzelnen Resultate. Darauf verfährt man in gleicher Weise mit der korrespondierenden Stelle der andern Körperseite. Die Ergebnisse auf beiden Seiten stimmen bei normalem Verhalten meistens ganz genau, wenigstens aber bis auf wenige mm RA, überein.

In pathologischen Fällen einseitiger Gefühlsanomalieen hat man an der Differenz der Rollenabstände zwischen den symmetrischen Stellen beider Seiten ein zählbares Maß für eine vorliegende Sensibilitätsstörung. In solchen Fällen hat die elektrokutane Untersuchung erstens den Vorteil der Exaktheit bei der Statusaufnahme; zweitens den größeren Vorteil, im Verlaufe eines Krankheitsprozesses die Veränderungen einer vorhandenen Gefühlsabnormität zum Guten oder zum Schlechten mittels eines empfindlichen Reagens verfolgen zu können. Für doppelseitige Erkrankungen ist die Methode höchstens im zweit-

genannten Sinne zu verwerten. Man darf aber nicht vergessen, daß der Induktionsapparat nicht, wie der galvanische, konstant vergleichbare Zahlen in einem absoluten Maße bietet, und daß er sich, besonders wenn er von Elementen gespeist wird, im Laufe der Zeit durch Abnutzung erheblich verändert.

Eine weitere, oft nicht wertlose Verwendung findet die elektrische Sensibilitätsprüfung zu gutachtlichen Zwecken. Wenn Personen, die nach der Krankenkassen-, Unfall- oder Invaliditätsgesetzgebung resp. auf Grund privater Übereinkunft für ein vorhandenes Leiden zu entschädigen sind und der ärztlichen Begutachtung unterstehen, während der Untersuchung (wie das oft geschieht) angeben, daß sie Sensibilitätsstörungen für irgend eine der Gefühlsqualitäten haben,*) so wird es für den Gutachter, da die Angaben der interessierten Personen unwahr sein könnten, wünschenswert sein, einen Weg zur objektiven Kontrolle jener subjektiven Angaben zu haben. Eine Art Kontrolle in diesem Sinne, wenn auch keine sichere, bietet die farado-kutane Prüfung in manchen Fällen dieser Art: ein Simulant oder Aggravant wird auch bei dieser Gefühlsuntersuchung gelegentlich zu täuschen versuchen und die Minimalempfindung erst bei anderer als der tatsächlich notwendigen Stromstärke angeben. Eine mehrmalige Nachprüfung an der gleichen Körperstelle (während der Untersuchte dem Apparat den Rücken zukehrt) enthüllt dann die Täuschung meist prompt, da die einzelnen Angaben untereinander, besonders wenn man Pausen dazwischen schiebt, nicht übereinstimmen werden. — Freilich ist ein solcher Entlarvungsversuch nur bei positivem Resultate zu verwerten; es gibt Störungen im Gebiete der übrigen Sensibilitätsqualitäten, bei denen die farado-kutane Qualität nicht nachweisbar gelitten hat, sodaß jemand sehr wohl tatsächlich Hautgefühlsanomalieen haben und doch am faradischen Apparat die normale Minimalempfindung zeigen kann.

Steigerung der elektro-kutanen Sensibilität ist unter anderem bei Tetanie gefunden worden.

Die elektro-muskuläre Sensibilität.

Schließlich sei erwähnt, daß es außer der elektro-kutanen Sensibilität auch eine elektro-muskuläre gibt, die bei hohen Stromstärken sich als schmerzhaftes Kontraktionsgefühl in den Muskeln bemerkbar macht. Inwieweit dieselbe überhaupt mit dem Gefühl elektrisch erzielter Muskelkontraktion identisch ist, soll hier nicht erörtert werden. Es ist möglich, daß zwischen diesen beiden Empfindungen (wie z. B. neuerdings Gregor behauptet) keine Identität besteht. Tatsache ist jedoch, daß in pathologischen Fällen, in denen die faradische Muskelerregbarkeit erloschen oder stark herabgesetzt ist, also z. B. bei einer peripherischen oder spinalen Lähmung, trotzdem Sensibilitätsstörungen mit den üblichen Methoden nicht nachweisbar sind,

*) Besonders oft werden solche Störungen von Leuten vorgegeben, bei denen es sich um die Frage des Vorhandenseins einer funktionellen Nervenkrankheit handelt: die hysterische „halbseitige Hypästhesie“ ist in den Kreisen der Winkelkonsulenten und der von ihnen Beratenen wohlbekannt.

oft viel höhere Stromstärken von den Patienten ohne Schmerzreaktion ertragen werden als in der Norm. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß der Schmerz bei jeder starken faradischen Muskelreizung sich aus zwei Komponenten zusammensetzt, dem elektro-kutanen und dem elektro-muskulären Schmerz. Wenn der muskuläre dadurch ausfällt oder sich doch verringert, daß — wie z. B. bei peripherischer Lähmung mit erloschener Erregbarkeit — eine Muskelkontraktion überhaupt nicht stattfindet, so ist es leicht verständlich, daß hier erst stärkere Ströme als in der Norm Schmerzen verursachen können.

---

6. Kapitel.

Der Leitungswiderstand.

Obwohl die Prüfung des Leitungswiderstands (L.W.) und seine Störungen für den Anfänger und Praktiker nur geringe Bedeutung haben. soll doch der Vollständigkeit halber das Hauptsächlichste darüber im folgenden besprochen werden.

Der menschliche Körper bietet dem elektrischen Strom Widerstände; das ist schon oft erwähnt worden. Außer dem Körper treten bei der medizinischen Applikation des Stromes dem Strom noch entgegen: die Widerstände des Elementes selbst, die der metallischen Leitungsteile und ganz besonders — in unsern Apparaten — die Neusilberwiderstände des Rheostaten, mehr oder weniger zahlreich je nach dem Stand der Rheostatenkurbel. Je größer der Widerstand ist, den der Strom auf seinem Wege vom Element z. B. zu einem Muskel findet, um so geringer wird ceteris paribus (d. h. bei gleicher Elementenzahl – gleicher elektromotorischer Kraft) die Stärke des Stromes sein, der auf jenen Muskel einwirken soll. $J = \frac{E}{W}$; umgekehrt $W = \frac{E}{J}$ (s. S. 6).

Für manche Fälle ist es interessant, zahlenmäßig festzustellen, wie groß speziell der Körperwiderstand gegen den Strom ist, weil unter gewissen physiologischen und pathologischen Bedingungen Veränderungen dieses Widerstands eintreten. Wir haben, wie schon oben gesagt, für den elektrischen Widerstand ein Einheitsmaß, mittels dessen man ihn in Zahlen ausdrücken kann, nämlich das Ohm (s. S. 6, Fußnote).

Wie berechnet man nun in einem speziellen Falle den Körperwiderstand? Das geschieht — mittels der sogenannten „Substitutionsmethode“ — nach folgender sehr einfachen Erwägung: **Eine Methode der Widerstands-Untersuchung.**

Wenn man zwei Elektroden eines galvanischen Apparats befeuchtet direkt mit den Flächen aufeinander legt, dann eine beliebige Anzahl von galvanischen Elementen, also z. B. 20, einschaltet und die Rheostatenkurbel solange vorschiebt (soviel Neusilberwiderstände im Hauptkreis ausschaltet), bis das Galvanometer eine beliebige Anzahl von MA, also z. B. 4 MA zeigt, so wird sich folgende leichte Berechnung

1.
2. Resistance to conduction

mittels des Ohmschen Gesetzes ergeben: $4\ MA = \frac{20\ Elemente\ E}{W}$.
In Worten ausgedrückt: um eine Stromstärke von 4 MA zu erzielen, braucht man bei der erwähnten Anordnung einen bestimmten Bruchteil der elektromotorischen Kraft der eingeschalteten 20 Elemente, nämlich einen so großen, wie die im Stromkreis vorhandenen Widerstände — das sind aber im wesentlichen die Metallwiderstände der ausgeschalteten Rheostatenkontakte — betragen. An den Rheostatenkontakten befinden sich nun Zahlen, nach denen man aus einer jedem Apparat beigegebenen Rheostaten-Widerstandstabelle (s. die nebenstehende Tabelle für einen Hirschmannschen Metallrheostaten mit 60 Kontakten) ohne weiteres ablesen kann, wieviel Ohm Metallwiderstände noch eingeschaltet sind: wir lesen also am Rheostaten den Stand der Kurbel ab; sie zeigt z. B. auf 6: Die Widerstandstabelle sagt: „6 = 26 000 Ohm“. Bei einem Rheostatenwiderstand von 26 000 Ohm geht also durch die gut befeuchteten Elektroden von jenen 20 Elementen aus ein Strom in der Stärke von 4 MA.

Rheostaten-Tabelle für einen Rheostaten mit 60 Kontakten.

(W. A. Hirschmann.)

0 = 0	16 = 3420	31 = 1000	46 = 275
2 = 100000	17 = 3100	32 = 940	47 = 250
3 = 75000	18 = 2830	33 = 880	48 = 225
4 = 54000	19 = 2600	34 = 820	49 = 200
5 = 38000	20 = 2380	35 = 760	50 = 180
6 = 26000	21 = 2180	36 = 700	51 = 160
7 = 18000	22 = 2000	37 = 650	52 = 140
8 = 13000	23 = 1850	38 = 600	53 = 120
9 = 10000	24 = 1725	39 = 550	54 = 100
10 = 8000	25 = 1600	40 = 500	55 = 80
11 = 6500	26 = 1490	41 = 450	56 = 60
12 = 5500	27 = 1380	42 = 410	57 = 40
13 = 4850	28 = 1280	43 = 375	58 = 20
14 = 4200	29 = 1180	44 = 340	59 = 10
15 = 3800	30 = 1090	45 = 305	60 = 0

Schaltet man jetzt bei unverändertem Status des Apparats eine Stelle des menschlichen Körpers in den Stromkreis, indem man z. B. die Elektroden zu beiden Seiten des Vorderarms aufsetzt, so wird man sofort sehen, daß jetzt die Galvanometernadel eine geringere Stromstärke anzeigt, also z. B. $1^1/_2$ MA. J ist kleiner geworden, trotzdem E gleichgeblieben ist: das kann nur sein, weil sich W vergrößert hat: der Widerstand des Körpers ist hinzugekommen. Nun führt man solange die Rheostatenkurbel im Sinne des Uhrzeigers vorwärts — schaltet man solange die Rheostatenwiderstände aus —, bis die Galvanometernadel wieder die frühere Stelle einnimmt, also 4 MA anzeigt. Jetzt steht die Rheostatenkurbel auf einem anderen Kontakt, z. B. 30; die Tabelle sagt bei 30: „1090 Ohm“ noch vorhandene Widerstände. Um also trotz der Körperwiderstände eine gleiche Stromstärke erzielen zu können, wie vorher ohne dieselben,

mußten noch 26000—1090 Ohm = 24910 Ohm Widerstände aus dem Stromkreise ausgeschaltet werden. Der Körperwiderstand beträgt also in diesem Falle 24910 Ohm.

Es war schon gesagt worden, daß von allen Körpergeweben und Organen die Haut einen so großen Widerstand für den Strom bietet, daß alle übrigen Körperwiderstände (und auch die Widerstände der gut leitenden Apparatteile) praktisch dagegen gar nicht in Betracht kommen. Das geht soweit, daß z. B. auch die größere oder geringere Entfernung, in der die beiden Elektroden auf der Körperoberfläche von einander abstehend appliziert sind, praktisch keine Rolle spielt gegenüber dem Hautwiderstand grade unter den Elektroden selbst (s. S. 7 Fußnote). Kommt es also darauf an, den Widerstand eines bestimmten Körperbezirks festzustellen, so wird man nur den Widerstand der Haut dieses Bezirks zu berechnen haben, und um diesen lokalen Widerstand am bequemsten untersuchen zu können, wird man die Elektroden beide auf diesen Bezirk setzen — den Bezirk gewissermaßen zwischen die beiden Elektroden fassen.*)

Oben (S. 7) ist schon bemerkt worden — und das ist diagnostisch und therapeutisch von gewisser Bedeutung — daß der Hautwiderstand während der Dauer der Durchströmung mittels des galvanischen Stromes sich verändert: er sinkt unter der Stromeinwirkung derart, daß durch dieses Kleinerwerden von W, wie man an der Galvanometernadel ablesen kann, nach länger dauerndem Stromschluß bei feststehenden Elektroden die Stromstärke J allmählich immer größer wird. Dieses Sinken, das bei ungenügend durchfeuchteten Elektroden besonders augenfällig ist, geht natürlich nicht bis ins Unendliche, sondern es ist nach einer gewissen Zeit derjenige Punkt erreicht, bei dem die Stromstärke unverändert bleibt (relativ konstanter Widerstand**) — im Gegensatz zum Anfangswiderstand).

Wenn man nun in Bezug auf physiologische Vorgänge oder pathologische Zustände vergleichbare Resultate haben will, so muß man bei oben angegebener Versuchsanordnung noch drei Dinge beachten:

1) Man notiere immer die konstanten (End-)Widerstände, d. h. man lasse den in beliebiger Krafthöhe gewählten Strom, also in unserm Beispiel den Strom von 20 Elementen, bei unverändertem Apparat erst eine Zeit lang einwirken, ehe man den Widerstand berechnet. Also wenn man, wie wir annahmen, am Anfang soviel Rheostatenwiderstände ausgeschaltet hat, daß die Galvanometernadel 4 MA zeigte, dann warte man einige Minuten: während dieser Zeit wird man sehen, daß allmählich von selbst die Nadel sich weiter be-

*) Man darf sie nur nicht so dicht nebeneinander setzen, daß sich die Elektrodenflächen berühren, da sonst der Strom direkt von Elektrode zu Elektrode geht, ohne den Körper zu treffen.

**) Den absolut konstanten Widerstand, der praktisch kaum in Betracht kommt, eruiert man durch Einwirkenlassen starker Ströme (5—15 MA).

wegt und $4\,^1/_2$, 5, 6 MA usw. anzeigt. Man warte so lange, bis man sieht, daß ein Weiterbewegen der Nadel nicht mehr stattfindet, die Stromstärke nicht mehr steigt, also der Widerstand nicht mehr sinkt. Das ist gewöhnlich nach einigen Minuten erreicht. Jetzt fasse man wiederum die Rheostatenkurbel, führe sie auf den anfänglichen Stand (4 MA) zurück und berechne nun mittels der Tabelle in der angegebenen Weise den Körperwiderstand.

2) Man berechne aber auch immer den Anfangswiderstand und die Differenz zwischen diesem und dem konstanten.

3) Man beachte schließlich immer die Zeitdauer, welche der Widerstand braucht, um auf den Endpunkt zu sinken. —

Physiologisches vom Leitungswiderstand.

Die beiden letzten Verhältnisse sind nämlich bei verschiedenen Zuständen sehr verschieden. Bei Greisen z. B. ist vielfach der Anfangswiderstand sehr hoch, sinkt aber dann oft rasch und beträchtlich. — Auch verschiedene Körperstellen verhalten sich verschieden in Bezug auf L.W. Am besten tut man, während der ganzen Dauer einer Widerstandsuntersuchung mit der Uhr in der Hand die Galvanometernadel zu beobachten und jede halbe Minute den Stand derselben zu notieren, bis man sieht, daß der Endstandpunkt erreicht ist.

Außer dem Gesagten ist in physiologischer Beziehung folgendes zu bemerken:

Der Hautwiderstand ist im allgemeinen kleiner

an Hautstellen, die gewöhnlich bedekt sind — als an unbedeckten;

an Hautstellen mit zarter oder ohne Epidermis resp. an Schleimhäuten — als an Stellen mit dicker Epidermis oder mit Haarwuchs;

an schwitzenden oder an feuchten Stellen — als an trockenen (trockene Elektroden auf trockener Haut bieten dem galvanischen Strom absoluten Widerstand*));

an Stellen, die viele Haarbälge oder Drüsenausführungsgänge enthalten — als an anderen.**)

Der Hautwiderstand kann artifiziell herabgesetzt werden:

durch Befeuchtung der Haut und der Elektroden,

durch Durchtränkung der Haut und der Elektroden mit warmem oder Salzwasser,

durch Stromschwankungen (besonders Stromwendungen) und schließlich — wie gesagt —

durch längere Durchströmung.

Nach dem Gesagten leuchtet ein, daß sich für den L.W. des Körpers, resp. seiner Teile, bestimmte Zahlen, die als allgemeine Normen gelten könnten, nicht aufstellen lassen. Es sind Anfangswiderstände von 37500 Ohm und absolute Widerstandsminima von 1300 Ohm gefunden worden; am Kopf fand Eulenburg durch-

*) Gegenüber dem faradischen Strom spielt der Hautwiderstand eine so geringe Rolle, daß er praktisch vernachlässigt werden kann.

**) Man muß sich hier vorstellen, daß diese Stellen den „Stromfäden“ gleichsam Pforten zum Einschlüpfen bieten.

schnittlich Widerstände von 1200—1600, Mann von 5000 Ohm, und nach E. K. Müller ist der L.W. sogar von der Tagesstunde, der Nahrungsaufnahme und von psychischen Eindrücken abhängig, was die außerordentliche Variabilität der Messungsresultate zu erklären geeignet wäre. Schließlich sei nochmals daran erinnert (s. S. 52 Fußnote), daß nach Dubois' neueren Untersuchungen bei Stromschließungen in der Phase des Kurvenanstiegs („variabler Zustand“) der Körperwiderstand momentweise ganz unerheblich und annähernd konstant (ca. 500 Ohm) ist, daß also während dieses Moments der Körper gewissermaßen — ähnlich wie unter der Einwirkung einer Influenzmaschine — geladen wird, um allerdings bald danach — im „permanenten Zustande“ — dem Strome die obengenannten, ziemlich starken Anfangswiderstände entgegenzusetzen: diese sinken dann während der Dauer des permanenten Zustandes wieder ein wenig, ohne aber den in der variablen Phase eingenommenen Tiefstand auch nur annähernd zu erreichen.

Veränderungen des L.W.

Pathologisch finden sich:

a) Herabsetzungen des L.W.
   - beim Morbus Basedowii (rasches Erreichen der relativen Konstanz);
   - bei hysterischer Anästhesie (Vigouroux);
   - bei „traumatischen Neurosen“, am Kopfe (Mann).

b) Erhöhungen des L.W. sind beschrieben
   - bei der Sklerodermie (lokale Erhöhung der relativen Konstanz);
   - beim Myxödem;
   - bei Elephantiasis und ähnlichen Affektionen;
   - bei infantiler Hemiplegie (Vigouroux und Mally).

Teil II. Elektrotherapie.

7. Kapitel.

Allgemeiner Teil.

Bevor die Einzelheiten der elektrischen Behandlung bei den verschiedenen Erkrankungen und krankhaften Zuständen besprochen werden können, müssen erst zwei Vorfragen beantwortet werden, nämlich 1. besitzt die Elektrotherapie überhaupt einen Heilwert? 2. event. worin besteht dieser Heilwert?

Der Heilwert des Stromes.

Von einigen Autoren und Praktikern wird der elektrischen Behandlung überhaupt jede kurative Wirkung abgesprochen. Diesem absolut skeptischen Standpunkt, der sicherlich jeder Berechtigung entbehrt, steht ein anderer ziemlich nahe, nämlich der Standpunkt derjenigen, die zwar einen Heilwert zugeben, aber annehmen, daß es sich nicht um einen spezifischen, nur der Elektrizität innewohnenden Heilfaktor handelt, sondern daß das Wirksame der elektrischen Behandlung der psychische Faktor, im wesentlichen also die Suggestion ist. Auch namhafte Nervenärzte teilen diese Auffassung.

Wenn diese Annahme richtig ist, dann ist eine spezielle Methodik in der Anwendung des Stromes zu Heilzwecken so gut wie überflüssig. Dann würde es in der Hauptsache darauf ankommen, durch die eigenartigen Sensationen des Stroms, durch den Eindruck der komplizierten Apparate, durch Erzielung möglichst auffallender Effekte (Muskelkontraktionen, Lichtblitze vor den Augen, Hautrötung usw.) auf die Psyche des Patienten einzuwirken. Dieselbe Wirkung würde sich auch durch eine ganze Reihe anderer Verfahren erreichen lassen. Ob in diesem Falle der faradische oder der galvanische Strom, die Anode oder die Kathode, große oder kleine Elektroden gewählt werden usw., würde dann eine nebensächliche — wenn auch vielleicht nicht gänzlich außer acht zu lassende*) — Rolle spielen.

Psychische Wirkung des Stromes.

Es muß von vornherein betont werden, daß nach der fast allgemeinen Erfahrung der Fachleute tatsächlich zu einem nicht unerheblichen Teil die elektrotherapeutischen Erfolge (wie übrigens auch die mechano-, hydro-, pharmakotherapeutischen usw.) als psychische aufgefaßt werden müssen. Das erhellt für den Praktiker daraus, daß bei Anwendung verschiedenartigster, selbst anscheinend entgegengesetzter Methoden oft dieselben therapeutischen Resultate sich ergeben, daß ferner krankhafte Symptome auch gelegentlich beseitigt werden, wenn durch die applizierten Elektroden infolge eines

*) Selbst rein suggestive Wirkungen werden durch exakte Methodik erhöht.

Versehens gar kein Strom geleitet worden ist, und aus einer ganzen Reihe ähnlicher häufiger Beobachtungen, die eine andere Erklärung nicht zulassen. Es ist nun aber ein unrichtiger Schluß, wenn man aus diesen Tatsachen folgert, daß die Elektrizität als Heilmittel nur psychisch wirkt; es wird sich vielmehr für jeden Unbefangenen fragen, ob nicht außer dem anerkannten psychischen noch ein anderer, ein spezifischer Heilwert des Stromes existiert.

Es erscheint schon von vornherein als höchst unwahrscheinlich, daß der elektrische Strom, der so mächtige physikalische und chemische Effekte außerhalb des menschlichen Körpers erzielt und zum Körper selbst — namentlich auch zum Nervensystem — so mannigfaltige und wichtige physiologische Beziehungen hat — bei Erkrankungen des Körpers und grade bei denen des Nervensystems gänzlich wirkungslos bleiben soll. Es widerspricht einer solchen Annahme nicht nur das Resultat zahlreicher physiologischer Arbeiten, in denen Stromwirkungen auf den gesunden Körper erwiesen worden sind (Kontraktion erregende, vasomotorische, erfrischende, elektrotonische usw.), wie sie anders auch zu Heilzwecken für den kranken Körper gar nicht erfordert werden,*) es steht ihr nicht nur die tägliche praktische Erfahrung kritischer Autoren und Therapeuten entgegen, welche empirisch — oder gestützt auf gewisse theoretische Erwägungen — bestimmte elektrotherapeutische Wege als erfolgreiche erkannt haben; sondern es liegen sogar — wenn auch bisher nur vereinzelte — experimentelle Arbeiten vor, die für gewisse konkrete Fälle bei Anwendung der üblichen Stromstärken den Nachweis spezifischer Heilwirkung (unter Ausschluß der Suggestion) erbracht haben. Zu nennen sind da 1. die exakten klinischen Reihenexperimente E. Remaks bei der Radialislähmung, die in unanfechtbaren Zahlen die Abkürzung der Heilungsdauer durch eine ganz bestimmte Behandlungsmethode nachweisen; 2. Experimente an Tieren, bei denen doch die psychische Einwirkung wegfällt und bei denen artifiziell erzeugte Erkrankungen (Lähmung, R. Friedländer) durch Anwendung elektrischer Ströme rascher zu heilen schienen als ohne dieselbe.

Die spezifischen Wirkungen.

Freilich sind der unzweideutigen Tatsachen, aus denen man die Art der spezifischen Heilwirkung des elektrischen Stromes in allen oder auch nur vielen einzelnen Fällen exakt konstruieren könnte, bisher viel zu wenig. Aber wenn diese Wirkung auch nur in wenigen nachgewiesen ist — und das ist geschehen —, so muß das für uns genügen, um uns die Suggestionshypothese sans phrase als ungenügend begründet ablehnen zu lassen.

*) Hierbei sei auch der merkwürdigen neuerlichen Untersuchungsresultate Leducs gedacht, dem es gelang, an Tieren (Hunden) und letzthin auch an Menschen bei Durchströmung des Kopfes mit unterbrochenen galvanischen Strömen mittlerer Spannung (10—30 Volts, 150—200 Unterbrechungen i. d. Sek.) einen Zustand von „Aufhebung der Gehirntätigkeit" — Bewegungs- und Gefühllosigkeit, traumhaften Bewußtseinszustand — herbeizuführen, der nach Unterbrechung des Stromes sofort wieder dem normalen Verhalten Platz machte.

Es gibt also, wie wir sehen, eine spezifische Heilwirkung des elektrischen Stromes. Worin aber besteht dieselbe? Das ist die zweite Frage, weit schwieriger als die erste zu beantworten, weil hier alles hypothetisch ist.

Die physikalische Theorie.

Am naheliegendsten erscheint, wenn man das Wesen der Elektrizität in Betracht zieht und nach Analogieen aus ihren anderen Wirkungssphären schließt, von vornherein die Annahme einer physikalischen Einwirkung: einer Beeinflussung der kleinsten Körperelemente (Moleküle) im Sinne einer direkten Beschleunigung, Verlangsamung oder Richtungsveränderung der im lebenden Körper vorausgesetzten permanenten Bewegung dieser Teilchen. — Solange wir aber vom Wesen und Substrat dieser Vorgänge so wenig wissen, wie das bisher der Fall ist, wird es natürlich auch unmöglich sein, den Versuchen einer therapeutischen Abänderung dieser Vorgänge eine bestimmte Methodik zu Grunde zu legen. So viel Plausibles diese Hypothese also haben mag, für die Praxis ist sie bisher unverwertbar.

Die chemische Theorie.

Anders steht es mit einer zweiten Theorie, die ausgehend von der Tatsache der Elektrolyse (d. h. der durch den elektrischen Strom herbeigeführten Zerlegung von Flüssigkeiten in ihre Komponenten) die elektrischen Heilwirkungen hauptsächlich auf chemische Vorgänge zurückführen möchte. Die Annahme hat sowohl früher als namentlich in neuster Zeit wieder Anhänger gefunden. Frankenhäuser, Schatzkij u. a. haben sich zu zeigen bemüht, daß durch den Einfluß des galvanischen Stromes „Jonen" (d. h. die durch Elektrolyse freigemachten Molekülbestandteile) ins Wandern kommen und sich nach den Polen zu bewegen können, wobei sie in den einzelnen Körpergeweben, die als eine Reihe hintereinander geschalteter, verschiedenartiger feuchter Leiter anzusehen sind, auf chemischem Wege Stoffwechselvorgänge hervorrufen, die dann wiederum eine kurative Wirkung ausüben können.

Auch die durch zahlreiche Versuche erwiesene Tatsache, daß es gelingt, durch die unverletzte Epidermis von der Anode aus gewisse Stoffe (Jodsalzlösungen, Kokaïn usw.) in den Körper zu transportieren (Kataphorese), ist als Erklärung für elektrotherapeutische Heileffekte herangezogen worden. Sie rührt übrigens nach Schatzkij ausschließlich von der Elektrolyse her und ist als Folge der Jonenwanderung anzusehen.*)

Daß überhaupt chemische Vorgänge im Körper durch den elektrischen Strom zu erzielen sind, ist als sicher anzusehen. Ob es aber mit den von uns im allgemeinen an der unverletzten Haut („perkutan") angewandten Strom-Stärkegraden möglich ist, in der Tiefe erhebliche

*) Derselbe Autor erklärt auch die bald zu erwähnende polare schmerzstillende Wirkung der Anode mit der Elektrolyse: durch den Strom würde den sensiblen Nervenenden an der Anode Sauerstoff zugeführt und mechanisch reizende Substanzen mittels der Phorese beseitigt. — Eine andere Möglichkeit, die elektrotonischen Heileffekte auf chemische zurückzuführen, wird durch die Untersuchungen Bethes gegeben, auf die hier nur kurz noch einmal hingewiesen sei (s. oben S. 20).

elektrolytische Effekte zu erzielen, und ob bejahendenfalls diese Effekte auch Heileffekte sein würden, das harrt noch des Beweises. Die Anhänger der chemischen Theorie verlangen konsequenterweise die Anwendung hoher Stromstärken, und französische Therapeuten (Bergonié, Leduc u. A.), sowie eine Anzahl deutscher Autoren (Frankenhäuser u. A.) haben denn auch in letzter Zeit Behandlungsmethoden vorgeschlagen, die mit Stärkegraden von 40 bis 60 MA (am Halse und am Kopfe sogar) operieren. Näheres darüber s. unten.

Die physiologischen Theorieen.

Eine Reihe weiterer Theorieen zur Erklärung der elektrotherapeutischen Erfolge gründet sich auf Erscheinungen, die von den Physiologen beobachtet und studiert worden sind: einerseits hat man die Tatsache, daß die Blutgefäße auf den elektrischen Strom mit Verengerung und Erweiterung reagieren, für die Heilerfolge der elektrischen Behandlung verantwortlich gemacht,*) andererseits waren es die an den Tieren gefundenen elektrotonischen Erscheinungen (die Herabsetzung der Nerven-Erregbarkeit an der Anode — Anelektrotonus —, die Erhöhung derselben an der Kathode — Katelektrotonus — s. S. 20), welche man, auf den Menschen übertragen, als therapeutisch wichtiges Agens darstellte. Bei der letzteren, nach älteren und neueren Versuchen (Leduc) wahrscheinlich auch für den Menschen zutreffenden Annahme muß man bei Zuständen erhöhter Nerven-Erregbarkeit (z. B. Neuralgieen) therapeutisch die Anode als differente Elektrode anwenden, bei krankhaften Zuständen dagegen, in denen man die Erregbarkeit erhöhen will (also z. B. bei Lähmungen), die Kathode als „Reiz"-Elektrode wählen. Man nennt das „polare Behandlung"; ihr Hauptprinzip ist die „beruhigende" Wirkung der Anode und die „erfrischende" (R. Heidenhain) der Kathode. Dabei ist es freilich noch durchaus fraglich, ob diese Wirkungsweisen sich auch auf andere als die peripheren Teile des Nerv-Muskel-Apparats übertragen lassen, und man sollte immer (was leider oft vernachlässigt wird) in der Ausdehnung des elektrotonischen Prinzips auf die Zentralapparate große Zurückhaltung walten lassen.

Ferner ist nicht zu verkennen — und das scheint bei weitem nicht das unwesentlichste zu sein —, daß die Tatsache der Muskelkontraktion auf elektrische Reize die Annahme nahe legt, daß der Strom durch Auslösung von Zuckungen in gelähmten Muskeln auf den Ernährungszustand dieser Muskeln einen günstigen Einfluß ausüben dürfte. Für das Verständnis der Heilwirkung bei Lähmungen ist aber auch weiterhin ein Faktum in Betracht zu ziehen, das aus den physiologischen Versuchen und den klinischen Erfahrungen in übereinstimmender Weise hervorzugehen scheint: Danach ist die Elektrizität imstande, bei regelmäßiger Einwirkung die Erregbarkeit des Muskels soweit zu steigern, daß z. B. bei zentraler Leitungsunterbrechung der Muskel auf die noch zu ihm gelangenden Reste der zentralen Be-

*) R. Remak bezeichnete die Gefäßwirkung plus der chemischen und kataphorischen Wirkung als die „katalytische" Wirkung des elektrischen Stromes.

wegungsimpulse leichter anspricht. Und endlich können wir nach kasuistischen Erfahrungen annehmen, es könne durch regelmäßige Stromanwendung in solchen Teilen, die durch langdauernde Leitungsunterbrechung in Inaktivität versetzt worden waren, verhindert werden, daß sich selbst nach Wiederherstellung der Leitung durch den langen Nichtgebrauch ein Zustand funktioneller Bewegungsunfähigkeit herausbildet, wie er bei Unterlassen der Elektrotherapie namentlich im jugendlichen Alter sich entwickeln und den organischen Prozeß jahrelang überdauern kann (eigene Beobachtung, publiziert von Sossinka).

Eine besondere therapeutische Wirkungsweise wird von d'Arsonval und seinen Schülern den Hochfrequenzströmen (s. Kapitel Teslaïsation) zugeschrieben, nämlich Stoffwechselanregung und Blutdrucksteigerung. Nachprüfungen haben jedoch ergeben, daß diese Effekte auf akzessorische Reize zurückzuführen und nicht dem Strome zuzuschreiben sind (Toby Cohn, A. Löwy u. a.).

Schließlich wird bei dem innigen Konnex der Nervenelemente (Neurone) des Körpers untereinander durch elektrische Hautreizung oder Beeinflussung der Muskelsensibilität vermittelst der Muskelzuckung zweifellos auch auf entfernt liegende Teile reflektorisch ein Effekt erzielt werden können. So wird eine Veränderung an der gereizten Stelle auch auf andere Stellen des Nervensystems, z. B. auf das Zentralorgan, im Sinne einer Funktionshemmung (bei Neuralgieen) oder einer Funktionssteigerung — „Bahnung" — (bei Hemiplegieen) wirken; bezw. wird durch Ablenkung der Aufmerksamkeit ein entfernt von der Krankheitsstelle gesetzter Reiz einen Heileffekt ausüben können (Goldscheider).

Wenn wir alles das, was zur Erklärung der therapeutischen Resultate angeführt worden ist und wird, überblicken, so werden wir zwei Dinge auseinanderhalten müssen; nämlich: 1) Daß der Strom im Körper (außer dem psychischen Effekt) chemische Wirkungen, Wirkungen auf die Gefäße und die Nervenerregbarkeit, sowie Muskelkontraktionen und sicherlich auch Veränderungen im Molekularleben des Körpergewebes herbeiführt, kann als zweifellos angesehen werden. 2) Welcher von diesen Effekten im speziellen Falle, bei einer speziellen Methode zu erwarten ist, und ob im speziellen Fall dieser Effekt ein erwünschter, ein Heileffekt ist, darüber liegen in den allerseltensten Fällen unzweideutige und unbestreitbare Tatsachen vor, sodaß man — trotz aller Hypothesen — bei der Methodik im wesentlichen auf die Empirie, die Erfahrung kritischer Autoren und Praktiker, und auf die eigene Erfahrung angewiesen ist. Dabei werden die oben angeführten Hypothesen resp. eine oder die andere gelegentlich als Unterlage für die spezielle Methodik dienen. Nur in wenigen Fällen werden die therapeutischen Indikationen und Kontraindikationen mit einer gewissen Bestimmtheit gegeben werden können.

Allgemeine Regeln. Der Anfänger tut gut, sich zunächst ein bestimmtes therapeutisches Schema einzuprägen, für das ihm im folgenden die Anhaltspunkte gegeben werden sollen. Aber er darf nicht vergessen, daß ein Schema

niemals allgemeine Gültigkeit haben kann, und daß es das Recht und oft die Pflicht des Therapeuten ist, von diesem Schema abzuweichen, zu *individualisieren*. Das ist nirgends wichtiger als bei der Elektrotherapie: der beste Therapeut wird auch hier der sein, der am wenigsten schematisiert. Um so bedauerlicher ist es daher, daß vielfach, besonders in Krankenhäusern, die Elektrotherapie in den Händen des niederen Heil- oder Wartepersonals liegt. Was dabei oft herauskommt, weiß jeder, der das mit angesehen hat.

Das zweite, eigentlich selbstverständliche Erfordernis für den Elektrotherapeuten ist das *Lokalisieren* der Behandlung auf den Ort der Krankheit. Das ist freilich oft leichter gesagt als getan. Denn in vielen Fällen wird der Ort der Krankheit für den Strom gar nicht direkt zugänglich sein (wie z. B. bei den Augenmuskellähmungen), oder er ist unbekannt (wie bei gewissen funktionellen Neurosen), oder endlich die durch die Krankheit gesetzten Veränderungen sind derart, daß keine Aussicht vorhanden ist, durch direkte Beeinflussung des Herdes irgend etwas zu erreichen (z. B. bei progressiv degenerativen Prozessen im Zentralnervensystem): in solchen Fällen wird man sich begnügen müssen, *symptomatisch* zu behandeln, also an einer *vom Ort der Krankheit entfernten Stelle*, nämlich an *der* Stelle, an welcher sich die hauptsächlichsten Symptome bemerkbar machen. Im allgemeinen jedoch wird man das Prinzip des Lokalisierens dem der symptomatischen Therapie bei weitem vorziehen, wie später bei der speziellen Besprechung des weiteren dargetan werden soll.

Schließlich ist als drittes wichtiges Erfordernis das *Dosieren* des Stromes zu erwähnen. Hier gehen die Ansichten der Autoren und Praktiker wieder weit auseinander. Es ist bereits oben (S. 97) dargetan worden, daß neuerdings — besonders bei den Anhängern der elektrochemischen Theorie — die Neigung besteht, möglichst kräftige Ströme (galvanische bis 60 MA) anzuwenden, so für die Behandlung der Neuralgieen, des Morbus Basedowii, des Kopfschmerzes usw. — Demgegenüber wird ein anderer extremer Standpunkt von denjenigen vertreten, die den homöopathischen Grundsatz des „breve, leve, saepe" auf die Elektrotherapie anwenden wollen. Es wird vorderhand gut sein — und das ist die Auffassung der Mehrzahl — sich in der Praxis von beiden Extremen fernzuhalten, bis größere Erfahrungen gesammelt sind,*) und die Stromstärken zwar nicht zu groß zu wählen, aber doch andererseits der absolut unbewiesenen Behauptung, daß minimale Stromdosen, Bruchteile einer Minute lang angewendet, „adaequate Reize" für das kranke Nervensystem bilden, nicht praktisch Rechnung zu tragen.

Die Regeln für die *speziellen Fälle* sollen in den nachfolgenden Kapiteln gegeben werden. Im allgemeinen ist bezüglich der anzuwendenden Stromstärke und bezüglich der Art der Stromapplikation

*) Die von den Autoren dieser Richtungen angeführten, angeblich nach ihrer Methode unter Ausschluß der Suggestion geheilten Fälle bedürfen noch kritischer Nachprüfung.

folgendes zu bemerken, zunächst nur mit Berücksichtigung der Galvanisation und Faradisation.

Prinzipien der Dosierung und Applikation.

1) Die Patienten wollen bei der elektrischen Behandlung etwas „fühlen". Bei zu schwachen Strömen fühlen sie nichts und glauben nicht an deren Wirksamkeit. Da das suggestive Moment bei unserer Therapie eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt, berauben wir uns oft eines Bundesgenossen, wenn wir zu schwache, unfühlbare Ströme anwenden. Nur ausnahmsweise, aus besonderen Gründen, dürfen wir das —, in manchen, unten näher zu besprechenden Fällen müssen wir es sogar tun.

2) Zu starke galvanische Ströme rufen auf der Haut und besonders auf den Schleimhäuten schmerzhaftes Brennen hervor und verätzen das Integument, sodaß schon nach einer einzigen Anwendung gelegentlich Ätzwunden von größerer oder geringerer Tiefe zurückbleiben können. Der eintretende Schmerz gilt uns für die Höhe der erlaubten Stromstärke als warnendes Moment. Nur ein „leichtes Brennen" darf bestehen, mehr im allgemeinen nicht. — Das Galvanisieren von Schleimhäuten unterbleibt am besten ganz. — Faradische Ströme größerer Kraft führen nur Schmerzen und Hautrötung herbei, sonst in den uns zur Verfügung stehenden Stärkegraden kaum andere Schädigungen. Nur sollte man nicht plötzlich starke faradische Ströme einleiten, weil das die Patienten, besonders wenn sie zum ersten Male elektrisiert werden, erschreckt.

3) Schon mittelstarke galvanische Ströme, am Kopfe oder am Halse appliziert, verursachen Schwindel, Augenflimmern, galvanischen Geschmack auf der Zunge, gelegentlich Übelkeiten, Ohrensausen und kollapsähnliche Zustände, bei Hysterischen auch Wein- und Schreikrämpfe oder Anfälle anderer Art. Dasselbe und in noch höherem Maße kann selbst bei Anwendung geringer Stromstärken am Kopfe und Halse eintreten, wenn beim Ein- und Ausleiten des Stroms, besonders bei kleinerem Elektrodenquerschnitt, erhebliche Dichtigkeitsschwankungen im Strom geschehen, d. h. also, wenn die Stromstärke nicht ganz allmählich vergrößert resp. verkleinert wird, sondern wenn dies sprungweise geschieht. Man wird demgemäß bei Behandlung dieser Körperteile immer den Rheostaten benutzen und vorsichtig von Kontakt zu Kontakt weiter gehen müssen, beim Einleiten vorwärts und beim Ausleiten rückwärts: man nennt das Einschleichen und Ausschleichen. An der Art, wie sich die Galvanometernadel bewegt, wird man erkennen, ob man dieses Ein- und Ausschleichen langsam genug vornimmt: die Nadel darf keinerlei hin- und herpendelnde Bewegungen machen, sondern muß sich gleichmäßig schleichend in der einen, gewünschten Richtung

weiter bewegen. Auch ist es zweckmäßig, um zur allmählichen Erreichung einer bestimmten Stromstärke möglichst den ganzen Rheostaten (mindestens einen großen Teil desselben) ausnutzen zu können, zur Behandlung der erwähnten Körperstellen möglichst wenige Elemente einzuschalten: dann wird man mittels des Rheostaten jede Schwankung leichter vermeiden können als bei Benutzung vieler Elemente, wobei — wie leicht zu berechnen — die Sprünge größer sein und trotz des Rheostaten Schwankungen nicht zu vermeiden sein werden.

4) Dasselbe, also das Vermeiden von Stromschwankungen durch Ein- und Ausschleichen, muß Platz greifen, wenn man polar behandeln will (s. oben S. 97), d. h. wenn man nach Analogie der Tierexperimente am lebenden Menschen zu therapeutischen Zwecken den An- oder Katelektrotonus herzustellen wünscht. Will man z. B. bei Neuralgieen auf die schmerzhafte Stelle die Anode applizieren in der Absicht, dadurch die Erregbarkeit des schmerzenden Nerven herabzusetzen, so darf man den Strom nicht sprungweise ein- und ausleiten, sondern muß es in der sub 3) erwähnten Weise tun: es tritt nämlich beim Tier, sobald bei geschlossenem Stromkreis Stromschwankungen irgend welcher Art stattfinden, die sogenannte negative Modifikation (s. S. 20) ein, d. h. an der Stelle des Anelektrotonus entsteht der Katelektrotonus und umgekehrt. Wenn man — hypothetisch — die Verhältnisse vom Tier auf den Menschen überträgt, so muß man auch auf diese Tatsache Rücksicht nehmen.

5) Aus den erwähnten Gründen darf man in den unter 3) und 4) genannten Fällen im allgemeinen auch keine Stromwendungen bei geschlossenem Strom vornehmen und ebensowenig den Strom plötzlich öffnen oder schließen. Man tut darum gut, in Fällen der genannten Arten den Patienten zu instruieren, daß er nicht die Elektroden entfernen dürfe, ehe die Sitzung beendet ist: bei Auftreten von Lichtblitzen, Schwindel usw. tun dies manche Personen unwillkürlich. Man vermeide es darum auch, in diesen Fällen sich einer Unterbrecher-Elektrode zu bedienen, weil dabei leicht unbeabsichtigte Öffnungen und Schließungen durch Druck auf den Unterbrecherhebel eintreten könnten. Auch soll man deshalb zu therapeutischen Zwecken immer zunächst die Elektroden an Ort und Stelle applizieren und dann erst den Strom allmählich einschalten und ebenso nach Schluß der Behandlung erst den Strom ausleiten (langsames Zurückdrehen der Rheostatenkurbel auf 0, Ausschalten der Elemente), ehe man die Elektroden vom Körper entfernt.

6) Das Zurückführen des Apparats zur Ruhestellung vor Abnahme der Elektroden ist in jedem Falle zweckmäßig, weil man es sonst leicht überhaupt vergißt, und die Elemente (bei

zufälliger Berührung der Elektroden im Tischkasten usw.) unnötigerweise in Tätigkeit bleiben und abgenutzt werden.*)

7) Wenn man direkte Wirkungen in die Tiefe (Muskeln, Nervenstämme, Zentralnervensystem usw.) beabsichtigt, so bediene man sich gut durchfeuchteter (nicht bloß angefeuchteter) überzogener Elektroden, unter denen der Hautwiderstand herabgesetzt wird. Trockene, besonders Metallelektroden (Bürste, Pinsel usw.) wirken direkt im wesentlichen auf die Haut und deren Nerven (und erst indirekt — reflektorisch — auf das Zentralnervensystem und auf den Zirkulationsapparat). Sie werden besonders mit dem faradischen Strom angewendet: beim galvanischen Strom Metallelektroden zu benutzen, ist unstatthaft, weil sehr leicht starke Ätzwirkungen eintreten. Darum soll man auch darauf achten, daß nicht beim Galvanisieren mit überzogenen (und befeuchteten) Elektroden der Überzug schadhaft ist und ein Stück des Elektrodenmetalls mit der Haut in Berührung kommt.

8) Elektrische Sitzungen werden in frischen Fällen täglich einmal vorgenommen; in veralteten genügt eine Wiederholung an jedem zweiten Tage. Noch seltenere Sitzungen haben höchstens suggestiven Wert. Einen anderen Wert als den suggestiven kann es (mit einzelnen Ausnahmen) auch nicht haben, wenn man, wie das oft genug geschieht, die elektrische Behandlung über viele Monate und Jahre hinaus ausdehnt. Im allgemeinen wird man, wie bei jeder anderen therapeutischen Maßnahme, die Methode wechseln, wenn man spätestens nach mehreren Wochen keinen bleibenden Erfolg sieht. Es gibt außer der Elektrotherapie noch andere Behandlungswege: das darf man niemals vergessen. — Über die Dauer der einzelnen Sitzung werden im speziellen Teile Anhaltspunkte gegeben werden.

9) Fiebernde Kranke dürfen nicht elektrisch behandelt werden, ebenso sollte man bei stark kachektischen (Krebskranken, Phthisikern, Tabikern der letzten Krankheitsstadien usw.) und bei sehr alten Leuten**) keine oder doch nur sehr vorsichtige Elektrotherapie anwenden. Vorsicht oder gänzliches Aussetzen der Behandlung ist auch bei Frauen in der Menstruation und in der Gravidität geboten. — Besondere Kontraindikationen für einzelne Fälle s. im speziellen Teil.

*) Es gibt transportable Apparate mit einer Hemmungsvorrichtung, die selbsttätig an das Ausschalten der Elemente erinnert.

**) Althaus' angeblich „glänzende" Erfolge mit der Elektrotherapie der Symptome des Greisenalters seien als niedliches Kuriosum und als beweiskräftiges Zeichen für die „autosuggestive" Wirkung der Elektrotherapie auf die Elektrotherapeuten hier angeführt.

1. accidental.
2. prohibited.
3. [illegible]

8. Kapitel.

Spezieller Teil.

I. Galvano- und Faradotherapie (Methoden).

Eine spezielle Elektrotherapie hätte die Aufgabe, exakte Methoden für die Behandlung jeder einzelnen derjenigen Erkrankungen anzugeben, die überhaupt elektrischer Beeinflussung zugänglich sind. Das ist bei unsern bisherigen Kentnissen nicht möglich; wollen wir uns nicht zu weit in unerforschtes Gebiet verirren, und wollen wir nicht vereinzelte Erfahrungen eines oder des andern Elektrotherapeuten — bei denen es oft überdies noch schwer ist, das „post hoc" vom „propter hoc" zu trennen — ohne ausreichende Kritik zur „Methode" erheben, so müssen wir uns in der Besprechung der speziellen Methodik beschränken. Und so sollen auch hier dem Anfänger 1) nur diejenigen Behandlungsweisen empfohlen werden, die bei der großen Mehrzahl der maßgebenden Autoren anerkannt sind und von den erfahrensten Neurologen in ihren klinischen Instituten und in der Privatpraxis ausgeübt werden, wobei als selbstverständlich kaum erwähnt zu werden braucht, daß es fast soviel Modifikationen dieser Methoden gibt als Nervenärzte. Hier sollen dabei diejenigen Verfahren bevorzugt werden, die der Praktiker mit einfachem Instrumentarium jederzeit leicht ausführen kann. Wie schon oben hervorgehoben wurde und hier noch einmal zu betonen ist, sind die anzugebenden Tatsachen nur Schemata, von denen der erfahrenere Arzt in besonderen Fällen ohne weiteres individualisierend abweichen wird. 2) werden hier mit einer gewissen Ausführlichkeit zunächst nur die therapeutischen Verfahren der Galvanisation und Faradisation beschrieben, während die seltener angewandten und für den praktischen Arzt vorderhand wenig (noch weniger als für den Spezialisten) in Frage kommenden Methoden der Franklinisation, Teslaïsation usw. in späteren Kapiteln summarisch besprochen werden sollen. 3) werden die Erkrankungen in Bezug auf ihre elektrische Behandlung gruppenweise zusammen abgehandelt werden, also z. B. Erkrankungen des Rückenmarks, des Gehirns usw. — Wo sich bei bestimmten einzelnen Krankheiten bestimmte Methoden als zweckmäßig erwiesen haben, wird das dann besonders hervorgehoben werden.

Es wird also zu besprechen sein die Galvano- und Faradotherapie bei

a) den Erkrankungen der peripherischen Nerven,
  α) Reizzuständen,
  β) Lähmungen,
b) den Erkrankungen der Muskeln,
c) den Erkrankungen des Rückenmarks,
d) den Erkrankungen des Gehirns,
e) den einzelnen funktionellen Nervenleiden und denen von unbekannter Genese,

1 - access ilio

f) den Erkrankungen der Gelenke,
g) den Erkrankungen der inneren und Sinnesorgane und den Stoffwechselkrankheiten.

a) Erkrankungen der peripherischen Nerven.

Neuralgieen.

Die Reizzustände (Neuralgieen und lokale Krämpfe).

1) Die lokale Anwendung der galvanischen Anode (zur Herabsetzung der Erregbarkeit) ist die bewährteste Methode zur Behandlung der Reizzustände der sensiblen Nerven (Neuralgieen) und der motorischen Nerven (lokale Krämpfe). Sie geschieht in folgender Weise: eine gut durchfeuchtete Platte von großem Querschnitt wird auf eine Stelle in der Mittellinie des Körpers (Sternum, Nacken, Kreuzbeingegend) aufgesetzt, eine ebenso durchfeuchtete Elektrode von kleinem Querschnitt (ca. 5—15 qcm)*) über den erkrankten Nerven, d. h. über die Stelle, wo dieser Nerv am oberflächlichsten liegt, resp. wo man in ihm den Krankheitsherd vermutet. Alsdann, d. h. bei aufsitzenden Elektroden, schaltet man eine beliebige Anzahl von Elementen (am Kopf und Hals eine geringere Anzahl als an anderen Körperstellen, s. S. 100) ein und leitet nun mit Hilfe des Rheostaten, indem man ganz allmählich und langsam dessen Kurbel vom Nullpunkt fortführt, (einschleichend!) den galvanischen Strom durch den Körper bis zu einem an der Galvanometernadel abzulesenden Stärkegrad zwischen $1\frac{1}{2}$—6 MA. Zwischen diesen Intensitäts-Graden schwankt die Angabe; welche von ihnen man wählen wird, hängt ab: 1) von der Lage des Nerven: am Trigeminus (am Kopfe!) wird man höchstens bis etwa 2 MA gehen,**) am Plexus brachialis kann man viel mehr, am Ischiadicus sogar 8—10 MA nehmen; 2) von dem Alter des Falles und der Dauer der Behandlung: in frischen Fällen und in den ersten Sitzungen nimmt man schwächere Ströme; allmählich steigert man die Intensität; 3) von der Empfindlichkeit des Patienten: manche Menschen empfinden schon bei Stärken unter 1 MA an gewissen Teilen ein heftiges Brennen, sodaß man gezwungen ist, schwächere Ströme zu nehmen. Im allgemeinen wird man nicht schaden, wenn man den Strom immer so stark wählt, daß der Patient ein leises Gefühl, mindestens ein leichtes Wärmegefühl hat. — Man läßt die Elektroden ca. 4—8 Minuten

Trigeminus-Neuralgie.

*) Je nach der Dicke der zu durchdringenden Hautschicht, sodaß man also z. B. am Trigeminus eine Elektrode von ca. 5 qcm, am Ischiadikus eine von 20 qcm oder noch mehr wählen wird.

**) In den letzten Jahren empfehlen Bergonié und nach ihm L. Dubois, Guilloz u. a. bei Trigeminusneuralgieen Ströme von großer Stärke: eine 200 bis 250 qcm große, dem Trigeminusgebiet halbmaskenartig aufsitzende, mit 2 Kautschukbändern befestigte, filzüberzogene Anode und eine am Rücken sitzende, 400 bis 500 qcm große Kathode bleiben 15-25 Minuten befestigt. Der galvanische, stets von einer Zentrale gewonnene Strom wird eingeschaltet und in den ersten 7—10 Minuten bis 35—50 MA verstärkt, um dann wieder allmählich auf 0 abgeschwächt zu werden. Andere (Zimmern z. B.) wählen den Strom schwächer (3—12 MA), aber die Dauer noch länger ($^3/_4$—1 Stunde).

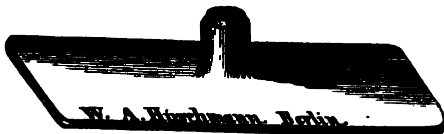
sitzen, leitet dann **ausschleichend** den Strom aus, **schaltet auch die Elemente aus** (!) und entfernt dann die Elektroden. — Sind mehrere Nervenpunkte zu behandeln, z. B. bei Neuralgie mehrerer Trigeminusäste, so wird **nach dem Ausschleichen** und **der Abnahme der Elektroden** der zweite und dritte Punkt in gleicher Weise behandelt. Mehr als drei Punkte wird man in einer Sitzung kaum vornehmen.

Lokale Krämpfe. Bei lokalen Krämpfen, z. B. beim Facialiskrampf, verfährt man in ganz analoger Weise wie bei den Neuralgieen; außerdem kann man hier, ohne den Strom auszuschalten, bei kleinen Stärkegraden mit der kleinen Elektrode leichte streichende Bewegungen über das krampfende Gebiet hin ausführen, wobei man die Elektrode nicht von der Haut entfernt: labile Anode. — Für solche Krämpfe ist notabene auch die sogenannte Sympathicusgalvanisation (s. unten S. 121) oder die „anschwellenden“ faradischen Ströme (s. S. 109) empfohlen worden.

Immer muß man während der Dauer der Behandlung das Galvanometer genau beobachten und eine Hand an der Rheostatenkurbel haben. Denn während der Einwirkung des Stromes sinkt der Leitungswiderstand des Körpers, wie oben ausgeführt, und steigt demgemäß die Stromstärke. Man muß darum immer mit dem Rheostaten regulieren, um die Stromstärke konstant zu erhalten.

Damit man die eigenen Hände frei behält, wird man, wenn irgend möglich, die Elektroden am Körper des Patienten fixieren: die Kathode z. B. im Rockkragen als Nackenelektrode oder am Kreuzbein, während die differente Anode vom Patienten selbst gehalten werden kann; oder der Patient hält eine große Platte (Fig. 30) am Sternum, die andere Elektrode an der schmerzenden Stelle. Man achte aber darauf, daß der Patient nicht während der Sitzung, z. B. beim Eintreten starken Brennens, die Elektrode entfernt, und gebe ihm auf, den Eintritt stärkeren Brennens sofort zu melden, aber die Elektrode festzuhalten. Man gebe auch dem Patienten niemals eine Unterbrecherelektrode in die Hand (s. S. 101).

Fig. 30.



2) **Absteigenden galvanischen Strömen** wird ebenfalls eine erregbarkeitsherabsetzende Wirkung zugeschrieben. Man bedient sich ihrer mit Vorteil bei Reizzuständen solcher Nervenstämme, die in größerer Ausdehnung der Behandlung zugänglich, unweit der Hautoberfläche verlaufen, z. B. bei Neuralgieen des Plexus brachialis, der Nervi intercostales, bei der Ischias usw. — Man wählt dann zwei Elektroden von gleichem Querschnitt, ca. 15—30 qcm, und setzt sie (gut befeuchtet) entfernt von einander, beide über den Verlauf des Nerven auf, die Anode zentral-, die Kathode peripherwärts: beim Ischiadicus z. B. sitzt die Anode in der Mitte der unteren Glutaealfurche, die Kathode dicht über der Kniekehle an der Teilungsstelle **Ischias.**

1- Rubbing
2 - Spasm
3 - [illegible]
4 - [illegible]
5 - Sacrum
6. advise

des Nerven; beim Plexus brachialis die Anode in der Fossa supraclavicularis, die Kathode im Sulcus bicipitalis int. usw. — Die Stromstärke wird nach denselben Prinzipien gewählt, die oben bei a) besprochen wurden. Auch von der Art der Ein- und Ausleitung und von der Dauer der Sitzung gilt dasselbe.

Bei der Behandlung der Ischiadicusneuralgie kann man event. stationenweise galvanisieren: z. B. 1. Station: von der Austrittsstelle der unteren NN. lumbales (etwas oberhalb der Crista ossis ilei, etwa 4 Fingerbreiten lateral von der Linie der Dornfortsätze) bis zu der oben bezeichneten Stelle unter dem Gesäß; 2. Station: von letzterer Stelle bis zur Kniekehle; 3. Station: von der Kniekehle bis zur Knöchelgegend. — Zwischen jeder dieser Stationen wird der Strom langsam schleichend ausgeschaltet. Der Patient kann dabei sitzen, indem er sich auf die Gesäßhälfte der nicht behandelten Seite setzt, während die andere frei den Stuhlrand überragt.

3) In veralteten Fällen von Neuralgieen, z. B. in alten Fällen von Ischias, kann man sich der sogenannten Voltaschen Alternativen bedienen, d. h. man setzt die Elektroden in der sub 2) benannten Weise auf und macht dann bei festsitzenden Elektroden, indem man die Kurbel des Stromwenders faßt, rasche, häufige Stromwendungen. Dadurch wird ein starker Reiz ausgeübt, der auf den langsamen, „torpiden“ Heilverlauf günstig einwirken soll.

4) Den faradischen Strom kann man bei Neuralgieen — nicht so bei lokalen Krämpfen — in Form der faradischen Bürste (Fig. 31) anwenden, indem man über der schmerzenden Stelle durch Streichungen oder besser durch Klopfungen mit dieser bürstenförmigen (oder einer pinselförmigen) Elektrode bei nicht zu schwachen faradischen Strömen eine Hautrötung zu erzielen sucht. Man kann annehmen, daß ein solches Verfahren „ableitend“ wirkt. Verletzungen der Haut durch die Bürste vermeidet man, wenn man nicht streicht, sondern nur klopft.

Fig. 31.



Auch die sogen. faradische Moxe, die darin besteht, daß man eine Bürste oder sonstige trockene Elektrode stabil auf die Schmerzpunkte setzt und einen Induktionsstrom von allmählich zunehmender Stärke („anschwellenden Strom“, s. S. 109) einführt, hat günstige Wirkung. Bei Trigeminusneuralgieen ist sie jedoch nicht zu empfehlen.

Neuritiden. Bei neuralgischen Schmerzen, die einer organischen Ursache ihr Dasein verdanken, z. B. bei Neuritiden, können dieselben Methoden gebraucht werden; sie werden dann wesentlich symptomatische Bedeutung haben. Man wird also die Nervenstämme vorwiegend mit der galvanischen Anode oder mit absteigenden galvanischen Strömen behandeln, während man die gelähmte oder atrophische Muskulatur in der im folgenden Abschnitte zu beschreibenden Weise durch Faradisation, Galvanisation oder Galvanofaradisation zur Kontraktion

reizen wird. Akute Fälle von Neuritiden eignen sich nicht zur elektrischen Behandlung, während sie bei den übrigen Fällen allgemein anerkannte, günstige Resultate liefert.

5) Den kombinierten galvanischen und faradischen Strom (siehe Näheres S. 108) kann man (nach Cluzet) in der Weise zur Neuralgiebehandlung benützen, daß man die beiden Stromarten in einander entgegengesetzter Richtung durch den Körper leitet, eine Schaltungsart, die aber an unseren Apparaten nicht vorgesehen ist. Die Technik dieser Applikation schließt sich im übrigen eng an die der Bergonié-schen Galvanisation an (vgl. S. 104, Fußnote).

Weiteres über die Neuralgiebehandlung siehe in den Kapiteln über Franklinisation, Teslaïsation, sinusoidale Ströme und elektromagnetische Behandlung.

Peripherische Lähmungen.

Die Lähmungen der peripherischen Nerven.

1) Wenn der Ort der Läsion der Behandlung direkt zugänglich ist, also z. B. bei Quetschlähmungen des N. radialis, setzt man auf diese Stelle, also auf die Umschlagstelle des Radialis am Oberarm, eine galvanische Kathode stabil auf und leitet einen nicht zu schwachen Strom, etwa 4—8 MA, durch den Nerven. Der Querschnitt der Elektrode sei ca. 20—30 qcm. Die andere Elektrode sitzt als indifferente an den üblichen Stellen und hat einen entsprechend großen Querschnitt, also ca. 100 qcm oder mehr. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 10 Minuten. Während dieser Zeit läßt man zweckmäßigerweise den Patienten aktive Bewegungsversuche ausführen, denen man eventuell etwas nachhilft. Ähnlich kann man auch bei anderen Lähmungen, z. B. am Facialis oder Plexus brachialis, verfahren.

Radialis-Lähmung.

2) Die von der Lähmung betroffenen Muskeln kann man mit dem faradischen Strom einzeln zur Kontraktion bringen — lokale Muskelfaradisation mit wandernder Elektrode —, wenn die Reaktion derselben auf den faradischen Strom nicht erloschen ist. Zu diesem Zwecke bedient man sich derselben Anordnung, wie sie bei elektrischen Untersuchungen gebraucht wird, und macht mittels der Unterbrecherelektrode über jedem Muskel des erkrankten Gebiets mehrere Schließungen bei mittelstarken Strömen: die Zuckungen sollen deutlich sichtbar werden, nicht minimal sein. Man kann auch ohne indifferente Elektrode mit zwei gleich großen Elektroden (5—10 qcm Querschnitt, darunter eine Unterbrecherelektrode) die Reizung in der Weise vornehmen, daß man dieselben auf den Verlauf jedes Muskels aufsetzt und dort mehrere Schließungen macht. Daß durch solche Reizung auf die Ernährung gelähmter und atrophischer Muskeln eine günstige Wirkung erfolgt, ist als sicher anzunehmen.

Kontraindiziert ist die Methode 1) bei Bestehen von Spasmen in den betreffenden Muskeln, wo sie geradezu schädlich wirken kann; 2) bei faradischer Unerregbarkeit, wo sie zwecklos ist.

1. narrow 4. proceed.
2. usual.
3. Amount to.

3) Die **Galvanisation der einzelnen Muskeln** mit der **Kathode** wird in analoger Weise wie bei 2) besonders bei den Fällen von Lähmung angewendet, in denen die faradische Erregbarkeit erloschen ist, ist aber natürlich auch für die übrigen Fälle verwendbar. Die Stromstärke ist dabei mittelgroß, d. h. so groß, daß Zuckungen deutlich sichtbar sind; gewöhnlich wird das etwa bei 1—5 MA der Fall sein.

Man kann auch mit Vorteil in folgender Weise verfahren: Man setzt eine Anode aufs Sternum oder auf einen proximal gelegenen Teil des Nervenstamms (z. B. bei Radialislähmung an die Umschlagstelle am Oberarm u. dgl.), eine Kathode als Reizelektrode auf einen Punkt des erkrankten Gebiets,*) leitet einen Strom ein, bei dem man Muskelzuckungen grade deutlich sieht, und gleitet nun bei dieser Stromstärke mit der geschlossenen Elektrode, ohne sie von der Haut zu entfernen, über die ganze erkrankte Region mehrere Minuten lang hin und her. Diese **labile Kathodengalvanisation** hat den Vorteil, daß man alle groben Stromschwankungen vermeiden kann, besonders wenn man auch nach Schluß der Behandlung vorsichtig den Strom ausschleichen läßt, bevor man die Elektroden entfernt. Darum eignet sich diese Methode ganz besonders zur Behandlung der Lähmungen am Kopfe

Facialislähmung. und Halse, also namentlich für **Facialislähmungen**, bei denen alle — durch Öffnen und Schließen des Unterbrechers usw. erzeugten — Stromschwankungen absolut zu vermeiden sind. Stromstärke am Gesicht und Hals nicht über ca. 3 MA. Auch während dieser labilen Behandlung empfehlen sich die sub 1) genannten aktiven Bewegungsversuche.

Neuritische Lähmungen. 4) In Fällen starker Atrophie, namentlich z. B. bei Neuritiden (**Bleilähmung, postdiphtherischer Lähmung oder multiplen Neuritiden aller Art**) kann man auch den sogen. „kombinierten Strom" in Form der **labilen Galvano-Faradisation** der einzelnen Muskeln vornehmen. Das geschieht in folgender Weise: An jedem größeren Apparat befindet sich am **Stromwechsler** (s. S. 15ff.) außer den zwei Kontakten C und S (mit deren Hilfe man von demselben Polklemmenpaar bald den faradischen — sekundären S — Strom, bald den galvanischen — konstanten C — ableiten kann), ein dritter Kontakt CS (s. S. 5, Fig. 5). Wenn man die Wechslerkurbel auf diesen Kontakt stellt, so kann man durch die zwei Polklemmen beide Stromesarten gleichzeitig leiten: man setzt dann nämlich (bei indifferenter Anode) eine Reizkathode auf einen der zu behandelnden Muskeln auf, schaltet eine beliebige Anzahl Elemente ein und dreht die Rheostatenkurbel so lange in der Uhrzeigerrichtung **vorwärts**, bis man bei Schließung eine kräftige galvanische Kontraktion erfolgen sieht. Alsdann setzt man (durch Stöpselung auf dem Klötzchen) auch den faradischen Strom in Tätigkeit und schiebt die sekundäre Rolle so weit vor, bis man eine sichtbare faradische (tetanische) Zuckung erhält. Bei

*) Auch bei Umkehr des Zuckungsgesetzes und „Überwiegen der Anodenzuckungen" wird zur Behandlung der Lähmungen die **Kathode** gewählt.

dieser Stärke des kombinierten Stromes läßt man dann die geschlossene Elektrode einige Minuten lang über das ganze erkrankte Gebiet hingleiten; die Reizwirkung auf die Muskeln ist bei diesem Verfahren sehr stark. — Besitzt man keinen Stromwechsler, sondern etwa zwei getrennte transportable Apparate für galvanischen und faradischen Strom, so braucht man nur die beiden Apparate nebeneinander zu stellen, an jedem von ihnen eine Leitungsschnur anzubringen und die beiden freien Polklemmen beider Apparate durch ein Stückchen Draht zu verbinden. Dann verfährt man in gleicher Weise, wie oben beschrieben.

An Stellen, an denen jede Erregbarkeit, auch die galvanische, erloschen ist, sind alle elektrotherapeutischen Methoden zwecklos. Ebenso ersetzt man, wenn in einem gelähmten Gebiete sekundäre Kontrakturen auftreten, z. B. bei Facialislähmungen, am besten die elektrische Behandlung durch eine andere (Massage usw.). Der Beginn der elektrischen Behandlung bei peripherischen Lähmungen fällt mit dem Beginn der Lähmung zusammen: die ersten Tage ungenützt verstreichen zu lassen, ist zwecklos. Ausnahmen s. oben S. 107 bei Neuritis.

Weiteres über Behandlung von Lähmungen und Atrophie s. im Kapitel Franklinisation.

b) Die Erkrankungen der Muskeln.

1) Bei Lähmungen muskulären Ursprungs ist die Behandlung ganz nach denselben Prinzipien auszuführen, wie sie im vorigen Abschnitt genannt wurden. Es handelt sich — abgesehen von den Reflex- und Inaktivitätsatrophieen — hauptsächlich um die progressiven Muskel-Dystrophieen. Da bei ihnen ein völliges Erlöschen der faradischen Erregbarkeit gar nicht oder erst sehr spät einzutreten pflegt, wird man außer der labilen Ka-Galvanisation der einzelnen Muskeln in den meisten Fällen auch die lokale Faradisation resp. die Galvano-Faradisation (mit dem kombinierten Strom) vornehmen können (s. S. 108).

Dystrophieen.

2) Lokale Muskelentzündungen (Myositiden), wie sie z. B. im Cucullaris, Sternocleidomastoideus (rheumatisches Caput obstipum), der Rückenmuskulatur usw. häufig vorkommen, behandelt man entweder

Myositiden.

α) mit der lokalen galvanischen Anode wie die Neuralgieen (s. S. 104);

β) mit den sogen. anschwellenden Strömen (Frommhold): eine kleine Reizelektrode, am besten unüberzogen und trocken, z. B. ein Metallknopf oder eine Bürste, wird auf die Stelle der Schmerzhaftigkeit resp. der Anschwellung fest aufgesetzt, zunächst ein schwacher faradischer Strom eingeleitet und dieser Strom durch allmähliches Vorschieben der sekundären Rolle nach und nach verstärkt. Wenn man nach jeder geringen Verstärkung eine Pause macht und den Faradisationsschmerz abklingen läßt, was gewöhnlich bald geschieht, kann man es durch dieses Anschwellenlassen nach ungefähr 10—15 Minuten bis zu Stromstärke-Graden bringen, die recht beträchtlich sind. Dann

läßt man den Strom wieder vorsichtig abschwellen, und diese Prozedur wiederholt man event. mehrmals. In geeigneten Fällen wird oft durch eine einzige derartige Sitzung Schmerzhaftigkeit und Kontraktur wesentlich verringert.

γ) Man kann auch mittels einer rollenförmigen Elektrode (Fig. 32) mit faradischen Strömen mittlerer Stärke (s. S. 112, Anm.) über den schmerzhaften Teilen mehrere Minuten lang eine Art elektrischer Massage (Druck-Effleurage) ausführen. Diese Rollen werden neuerdings vielfach auch hohl konstruiert und dienen dann gleichzeitig als Thermophore, sodaß damit eine Kombination von Elektro-, Mechano- und Thermotherapie erreicht wird, deren Nutzen für die Behandlung muskulärer Entzündungen gewiß einleuchtet. — Auch der faradischen Bürstung oder Pinselung kann man sich, um eine „ableitende" Wirkung zu erzielen, bedienen.

Fig. 32.



Rheumatische Affektionen.

3) Dieselben Methoden, namentlich die unter γ) genannten, werden bei ausgedehnteren, sogen. rheumatischen Muskelaffektionen angewendet. Bei diesen sind auch elektrische Bäder (s. weiter unten, S. 118 u. 126) zu empfehlen. — Ferner kann man in diesen Fällen eine manuelle elektrische Massage in folgender Weise ausführen: der Arzt befestigt eine Nackenelektrode in seinem Rockkragen, die andere Elektrode hält der Patient am Sternum, am Nacken oder am Kreuz; alsdann wird ein schwacher faradischer Strom eingeschaltet und mit leicht eingefetteten Händen in der gewöhnlichen Weise massiert. Stärkere Ströme sind dabei zu vermeiden: abgesehen von ihrer Schmerzhaftigkeit bringen sie beim Masseur und beim Massierten störende Muskelkontraktionen hervor. — (Vgl. auch die Kapitel Franklinisation, Teslaïsation und sinusoïdale Bäder.)

Crampi.

4) Muskelcrampi (z. B. an den Waden) können mit der labilen galvanischen Anode (s. oben S. 105) behandelt werden. Abzuraten ist von faradischer Behandlung, weil sie zu Muskelkontraktionen Veranlassung gibt. **Myotonie.** Ebenso wird man, wenn man myotonische Zustände (Myotonia congenita oder acquisita) elektrisch behandeln will, höchstens labile Anodenbehandlung, jedenfalls nicht den faradischen Strom in Anwendung bringen. — Besonders zu warnen ist vor der **Myasthenie.** Muskelfaradisation bei der „pseudoparalytischen Myasthenie" (einer freilich sehr seltenen Affektion) wegen der dabei bestehenden leichten Ermüdbarkeit für elektrische Reize (myasthenische Reaktion, s. S. 84).

---

c) Die Erkrankungen des Rückenmarks.

1) Lokale Galvanisation des Rückenmarks: sie kann mit feststehenden Elektroden (stabile Galvanisation) oder mit einer feststehenden und einer gleitenden (labile Galvanisation) ausgeführt werden:

α) stabile Galvanisation mit absteigenden Strömen: Zwei gleich große, plattenförmige, gut durchfeuchtete Elektroden von ca. 20 bis 50 qcm Q sitzen über den beiden Enden der Medulla spinalis, die Anode an der Halswirbelsäule, die Kathode an der Lendenwirbelsäule. Es wird dann ein Strom von ca. 3—8 MA eingeleitet, der etwa 8—10 Minuten einwirkt. Es ist als sicher anzusehen, daß bei dieser Methode Stromschleifen die Medulla spinalis treffen, und es wird vermutet, daß sie dort einen günstigen Einfluß auf Zirkulation, Ernährung, Stoffwechsel ausüben. Besonders für die Behandlung der Tabes dorsalis ist das Verfahren empfohlen, es kann aber auch bei den übrigen Strang- und Querschnittserkrankungen angewendet werden. — Kontraindikationen gegen das Verfahren sind akute Prozesse, z. B. akute Myelitiden, frische Hämatomyelieen usw. — Bei älteren Herderkrankungen, z. B. abgelaufenen Poliomyelitiden, bietet es keine Vorteile; hier ist das symptomatische Verfahren vorzuziehen. Der Versuch einer direkten Beeinflussung von Herden im Rückenmark dadurch, daß man zwei kleine Elektroden zu beiden Seiten der Erkrankungsstelle aufsetzt, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert. Geradezu zu verwerfen ist er bei akuten oder bakteriellen (eitrigen oder tuberkulösen) Prozessen; zu widerraten auch bei Tumoren (Gliomen usw.). Bei Anwendung dieses Verfahrens ist darauf zu achten, daß die beiden Elektroden sich nicht berühren.

Tabes.

β) labile Galvanisation mit der Ka; eine große Anode sitzt am Kreuzbein oder im Nacken, eine Ka von ca. 30 qcm Q streicht, gut durchfeuchtet, mehrere Minuten lang über die Wirbelsäule auf und nieder. Über Stromstärke, Indikationen und Kontraindikationen gilt dasselbe wie bei α). — Man tut gut, während des Streichens die Galvanometernadel scharf zu beobachten und mit einer Hand an der Rheostatenkurbel die Stromstärke zu regulieren, weil vielfach an den verschiedenen Teilen des Rückens der Hautwiderstand sehr verschieden ist und dadurch große Schwankungen der Stromintensität eintreten können. — Bei Bestreichung der Dorsalmarkgegend tritt oft reflektorischer Husten ein (überhaupt bei etwas stärkerer Galvanisation an Brust und Rücken).

γ) Querdurchströmung der Wirbelsäule: eine Anode sitzt am Sternum, eine Kathode von ca. 30 qcm Q an der Wirbelsäule. Bei Herderkrankungen bleibt die Ka stabil, bei Strangerkrankungen (Tabes usw.) wird sie labil über die Wirbelsäule hin und her geführt. Auch hier ist die Stromstärke wie bei β) vorsichtig zu regulieren.

2) Sympathicus-Galvanisation (s. unten bei „Chorea") wird von manchen Autoren auch gegen spinale Leiden aller Art empfohlen. (Ka am Sympathicus, An labil an der Wirbelsäule.) Der Nutzen ist höchst fraglich.

3) Für die symptomatische Behandlung der spinalen Krankheiten gelten die Regeln, die teils bereits erwähnt, teils später zu erwähnen sind, also

1- Procedure

Spinale Lähmungen.

α) bei Lähmungen, z. B. den poliomyelitischen oder myelitischen ist die Behandlung die S. 107 ff. beschriebene. — Besonders ist aber darauf zu achten, daß bei Bestehen von Spasmen jede lokale Faradisation der spastischen Muskulatur unterbleibt. Am besten ist es in solchen Fällen, also bei allen mit Spasmen einhergehenden Spinalkrankheiten (Myelitiden, multiple Sklerose usw.) von jeder örtlichen Elektrotherapie der spastischen Gliedmaßen (also meistens der unteren Extremitäten) abzusehen und nur eine Behandlung der Medulla spinalis mit einer der sub 1) genannten Methoden auszuführen. Will man jedoch symptomatisch verfahren, so sind dazu relativ am geeignetsten die lokalen oder allgemeinen galvanischen Bäder (s. unten S. 118 u. 126). Aber auch diese ermüden die Kranken oft. — Ferner käme in Betracht labile galvanische Anodenbehandlung (s. oben S. 105) mit Strömen, die keine Kontraktion auslösen; eventuell endlich — aber mit größter Vorsicht — die im nächsten Absatz für die Behandlung cerebraler Lähmungen zu beschreibende Methode der nicht (oder weniger) kontrakturierten Muskeln, — also am Bein: der Peroneus- und Unterschenkelbeuger-Gruppe.

Auch gegen die schlaffen Paralysen, besonders z. B. gegen spinale Kinderlähmungen, werden galvanische oder faradische Bäder mit Vorteil angewendet. Im übrigen wird man, wie gesagt, bei schlaffen Lähmungen Galvanisation mit der Ka oder Galvano-Faradisation (event. auch Faradisation) vornehmen. Das neuerdings vorgeschlagene Verfahren der intraspinalen Reizung mit Hilfe einer Troikartelektrode — natürlich nach Lumbalpunktion — dürfte wohl nicht viele Liebhaber finden.

β) Schmerzen und Parästhesieen werden entweder — wenn sie lokal begrenzt sind — mit der lokalen An (s. S. 104) bekämpft oder — bei größerer Ausdehnung, z. B. den lanzinierenden Schmerzen oder Rückenschmerzen der Tabiker — mit der faradischen Bürste bei mittleren Stromstärken an den Beinen und am Rücken (5—10 Minuten lang).

Anm. Mittlere faradische Stromstärken sind solche, bei denen sichtbare Hautrötung bezw. sichtbare, aber nicht schmerzhafte Muskelzuckungen unter der streichenden Elektrode eintreten.

Gegen Hypästhesieen ist ebenfalls faradische Bürstung, und zwar mit etwas stärkeren Strömen, zu empfehlen. Der Nutzen der Teslaïsation oder gar der Elektromagnetbehandlung bei tabischen Schmerzen ist mindestens sehr problematisch.

γ) Über die Behandlung von Blasenbeschwerden, sexuellen Beschwerden, vasomotorischen Störungen, Magenkrisen usw. s. S. 124, 129, 120, 123, 128.

---

d) Erkrankungen des Gehirns.

1) Die lokale Kopf-Galvanisation ist sowohl für die cerebralen Herderkrankungen (Blutungen, Erweichungen, Entzündungen, Tumoren) als für die ausgedehnteren Erkrankungen des Gehirns und seiner Häute (Arteriosklerose der Hirnarterien, Meningitiden usw.),

selbst gegen Paralysis progressiva und Psychosen aller Art empfohlen worden. Es soll ein galvanischer Strom entweder von der Stirn zum Nacken oder von beiden Schläfengegenden her durch das Schädelinnere geleitet werden. Man wählt dazu große, annähernd gleich große Platten von ca. 50—100 qcm Q, an der Stirn die An, am Nacken (z. B. in Form der Nackenelektrode, s. S. 50) die Ka, und leitet einschleichend einen Strom von $^1/_2$ — höchstens 2 MA vorsichtig ein und nach ungefähr 5 Minuten vorsichtig wieder aus (Längsgalvanisation). Oder man setzt die Elektroden an den Schläfen auf und galvanisiert in derselben Weise, wobei man den + Pol erst an die eine Seite bringt, und dann — nach vorherigem, vorsichtigem Ausschleichen — die Stromrichtung wechselt (Quergalvanisation). Kopfgalvanisation.

Es ist als sicher zu betrachten, daß bei diesem Verfahren Stromschleifen das Gehirn treffen, wie sich schon aus den selbst bei vorsichtigem Ein- und Ausleiten oft unvermeidlichen Begleiterscheinungen (Flimmern, Schwindel usw.) ergibt. Welche Wirkung der Strom aber im speziellen Falle auf den vorliegenden Krankheitsvorgang ausübt, läßt sich nicht berechnen: dieselbe könnte ebenso leicht schädlich wie nützlich sein, und es ist deshalb im allgemeinen rätlich, diese sehr heikle Methode bei cerebralen Prozessen, besonders bei Herderkrankungen infolge von Gefäßalteration und auch bei Gefäßalterationen ohne vorliegende Herdsymptome entweder gar nicht oder jedenfalls mit größter Vorsicht zu benutzen.*) Besonders darf man sich in diesen Fällen nicht dadurch, daß die Patienten angeben, „nichts vom Strome zu fühlen", zur Verwendung größerer Stromintensitäten oder gar zur Ausführung von Stromschwankungen verleiten lassen. — Gänzlich kontraindiziert ist das Verfahren bei allen akuten Prozessen (frischen Blutungen z. B.) und allen eitrigen resp. fieberhaften Erkrankungen. — Daß dieselbe Kopfgalvanisation bei funktionellen Leiden gute Resultate liefert und dafür sehr empfehlenswert ist, ist weiter unten zu erwähnen. — Auch bei leichten funktionellen Psychosen kann man das Verfahren versuchen.

2) Die symptomatische Behandlung der cerebralen Lähmungen schließt sich an das an, was in den vorigen Abschnitten über die Behandlung der Lähmungen gesagt ist. Da bei diesen Lähmungen die faradische Erregbarkeit fast immer erhalten ist, wird man mit Vorteil die lokale Faradisation (s. S. 107) der gelähmten Cerebrale Hemiplegieen.

*) Diese Ansicht vertreten auch auf Grund experimenteller und klinischer Studien neuerdings sehr energisch François-Franck und Mendelssohn. Sie halten die Kopfgalvanisation bei allen organischen Hirnleiden und Epilepsie geradezu für kontraindiziert und nur zur Neurosenbehandlung für zulässig. — Dagegen will Leduc u. a. Hemiplegieen, Aphasie, Augenmuskellähmungen usw. mit sehr starken Strömen (10—40 MA, allmählich steigend, 10 bis 20 Minuten lang) günstig beeinflußt haben. Desselben Autors merkwürdiger Befund bei Kopfdurchströmung mit starken unterbrochenen galvanischen Strömen („Stillstand der Hirnfunktionen" bei Tieren und Menschen) ist schon oben (S. 95) erwähnt worden.

1. helpful
2. advisable.
3. delicate

Muskeln, soweit dieselben sich nicht in Kontraktur befinden, vornehmen, also z. B. an der hemiplegisch gelähmten oberen Extremität, wenn sie in Beugekontraktur steht, die lokale Faradisation der Streckmuskeln; an der unteren, wenn sie sich z. B. in Streckkontraktur befindet, die Faradisation der Beuger (Unterschenkelbeuger und Dorsalflexoren des Fußes; Prädilektionsmuskeln nach Wernicke und L. Mann). Damit wird man 1) das unangenehme Kontraktionsgefühl zeitweilig beseitigen, 2) durch Erregung von Zuckungen in den gelähmten Muskeln deren Ernährungszustand bessern, sowie deren Erregbarkeit und damit Reaktionsfähigkeit gegen noch vorhandene schwache Innervationsimpulse steigern oder im Sinne Goldscheiders (s. S. 98) durch das Kontraktionsgefühl mittels Übertragung von Neuron zu Neuron „bahnend" wirken können. Wernicke vermutet, daß dadurch Bewegungsvorstellungen in der Hirnrinde ausgelöst werden, welche die Lähmung direkt im Sinne der Heilung beeinflussen können. — Auch bei ganz frischen cerebralen Lähmungen empfiehlt es sich, prophylaktisch die elektive Faradisation derjenigen Muskeln vorzunehmen, in denen erfahrungsgemäß die stärkste Parese und die schwächste Kontraktur sich zu entwickeln pflegt. Man beginne mit dieser Prozedur, sobald die Insulterscheinungen abgeklungen sind, und warte nicht erst die üblichen vier Wochen, während deren sich die Kontraktur in der Regel bereits gebildet hat. Wenn man so früh beginnt und dann mehrere Wochen hindurch täglich faradisiert, kann man hoffen, die Kontrakturbildung zu verhindern. Nicht nur Munks Versuche an Affen sprechen dafür, sondern auch klinische Erfahrungen.

Zur Unterstützung dieser Therapie ist die labile galvanische Kathodenbehandlung, zur Verstärkung die Galvanofaradisation mit dem kombinierten Strom zweckmäßig, wobei aber immer die kontrakturierten Muskeln zu schonen oder höchstens mit der galvanischen Anode bei schwachen (d. h. nicht zu Zuckung führenden) Strömen zu bestreichen sind.

Gegen Kopfschmerzen und Schwindel kann man — mit den oben genannten Einschränkungen — vorsichtig die Kopf-Galvanisation (s. unter 1)) versuchen. Auch die „faradische Hand" (s. S. 119) oder die Franklinsche Kopfplatte (s. Kap. Franklinisation) bringt man gelegentlich zur Anwendung. Die Therapie cerebral bedingter Parästhesieen, Schmerzen usw. geschieht nach den mehrfach auseinandergesetzten Prinzipien. Kopfgalvanisation kann mit Vorsicht auch gegen arteriosklerotischen Schwindel gebraucht werden.

Gegen Ohrensausen wird doppelseitige Ohrgalvanisation (zwei gleichgroße Elektroden, die Anode auf das kranke Ohr, stabil, vorsichtig, 2—5 MA) angewendet. Näheres s. unter „Erkrankungen der Sinnesorgane".

3) Viele Autoren treten für die galvanische Behandlung der Augenmuskellähmungen ein: es wird entweder zur Kopfgalvanisation und zwar sowohl zur Längsgalvanisation (große Anode im Nacken, kleine gut durchfeuchtete oder mit feuchter Watte gepolsterte Ka auf

dem Auge) als auch zur Quergalvanisation (durch beide Schläfen und die Orbitae) oder zur sogen. Sympathikusgalvanisation (s. bei „Chorea") geraten. Auch bei *Atrophia N. optici* sind mit diesen Methoden sowie mit vorsichtiger stabiler und labiler Galvanisation (Ka auf dem geschlossenen Auge, *Ströme bis* 10 MA) angeblich Resultate erzielt worden. In allen diesen Fällen müssen mit der eben erwähnten Ausnahme die Stromstärken niedrig gewählt und muß beim Ein- und Ausschleichen die größte Vorsicht geübt werden. Der direkten Elektrisation sind die Augenmuskeln nicht zugänglich (bis auf den M. levator palpebrae sup., s. S. 36), selbst dann nicht, wenn man eine noch so kleine Knopfelektrode durch das geschlossene Augenlid in die Tiefe zu drücken versucht. Dagegen gelingt die Reizung dann, wenn man — nach vorheriger lokaler Anästhesierung durch Kokaïn — mit einer nadelförmigen Elektrode den Konjunktivalsack durchbohrt und die gelähmten Muskeln aufsucht (Augenelektrode nach *Eulenburg* u. A.); die therapeutischen Erfolge dieser „*episkleralen Faradisation*" der Augenmuskeln stehen freilich kaum im Verhältnis zu ihrer Umständlichkeit. 1

Oblongata-Erkrankungen. 4) Die *Krankheiten des verlängerten Marks* können versuchsweise mit Quergalvanisation durch beide Processus mastoidei (zwei gleich große Elektroden von ca. 30 qcm Q) behandelt werden, wobei besondere Vorsicht im Ein- und Ausschleichen erforderlich ist. 2 Stromstärke bis höchstens 2 MA. Namentlich bei der progressiven Bulbärparalyse ist diese Methode versucht worden. Auch die Auslösung galvanischer *Schluckbewegungen* (s. S. 38) durch Bestreichen der seitlichen Halsgegend mit einer Ka von ca. 15 qcm Q bei 3—6 MA wird für diese Krankheit empfohlen.

Asphyxie. Hier sei auch darauf hingewiesen, daß gegen *Asphyxie* die Faradisation beider *Nn. phrenici* (s. oben S. 37) mit Nutzen angewendet wird.

e) Funktionelle Nervenleiden und solche unbekannter Genese.

Hysterie, Neurasthenie und Hypochondrie.

Hysterie, Neurasthenie, Hypochondrie. Bei der Behandlung dieser Erkrankungen spielt das *suggestive* Moment naturgemäß die Hauptrolle, sodaß im Grunde jede Methode angewendet werden kann, die im speziellen Falle eine psychische Wirkung zu entfalten imstande ist. Zweckmäßig könnte es im allgemeinen erscheinen, zunächst den *faradischen Strom* in fühlbaren Stärkegraden zu versuchen, weil er durch den größeren sensiblen Eindruck die Aufmerksamkeit der Kranken in höherem Maße auf den behandelten Teil hinlenkt. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß nicht bei bestimmten Zuständen der *galvanische Strom*, z. B. am Kopf appliziert, einen größeren psychischen Effekt hervorrufen kann. Psychologisches Studieren des Einzelfalles, ärztliche Klugheit und richtiger Takt in der Wahl der Methode, oft auch Erfindungsreichtum im 3 Wechseln des Verfahrens, sind nirgends so unbedingtes Erfordernis wie bei der Therapie dieser funktionellen Zustände.

1. on the sclera.
2. creep.
3. Choice

Außer der reinen Suggestion, deren Wichtigkeit für die elektrische Behandlung der in Frage stehenden Leiden nicht hoch genug geschätzt werden kann, wird bei der Elektrotherapie derselben noch wirksam sein können: 1) die Erzielung von Muskelkontraktionen; so beispielsweise in den Fällen, in denen die genannten Erkrankungen muskelfaule oder muskelschwache Individuen betreffen, und besonders in Verbindung mit einer sogen. „Mastkur“, bei der die allgemeine Faradisation als Unterstützung der allgemeinen Massage imstande sein dürfte, den bettlägerigen Kranken die mangelnde aktive Bewegung einigermaßen zu ersetzen; 2) die Anregung der Zirkulation sowohl in der Haut als auch in den tieferen Geweben, wodurch eine günstige Beeinflussung des Stoffwechsels und des subjektiven Allgemeinbefindens (Hebung der Perspiration, des Appetits, der Ernährung usw.) erzielt werden kann; 3) die durch kräftige faradische Hautreize bedingte, mannigfaltige reflektorische Wirkung auf die nervösen Zentralorgane, selbst auf die allerzentralsten Teile, deren Funktionsstörung (Störung des Selbstbewußtseins) offenbar die wesentlichste Rolle bei jenen Erkrankungen spielt.

Man unterscheidet bei der Therapie dieser Krankheiten 1) Methoden zur elektrischen Allgemeinbehandlung; 2) Methoden zur lokalen symptomatischen Behandlung. Von Methoden der ersten Art sind folgende zu nennen:

Allgemeine Faradisation.

1) Bei den funktionellen Nervenleiden, besonders bei den Patienten, die eine sogen. Mastkur gebrauchen, ist um ihrer erfrischenden, die Tätigkeit des Gesamtnerven- und Zirkulationssystems anregenden Wirkung willen eine allgemeine Faradisation des Körpers zu empfehlen. Man nimmt dieselbe in der Weise vor, daß man bei mittleren (nicht zu großen) faradischen Strömen, mit einer Bürste oder der befeuchteten Massagerolle streichend und klopfend, der Reihe nach über Arme, Brust und Leib, Rücken und Beine des Patienten mehrere Minuten lang hinüberfährt. Die ganze Prozedur braucht nicht länger als 15—20 Minuten zu dauern. Während die ersten Sitzungen hin und wieder eine gewisse Abspannung hinterlassen, tritt der günstige Einfluß oft schon nach einigen Tagen hervor.

Allgemeine Galvanisation.

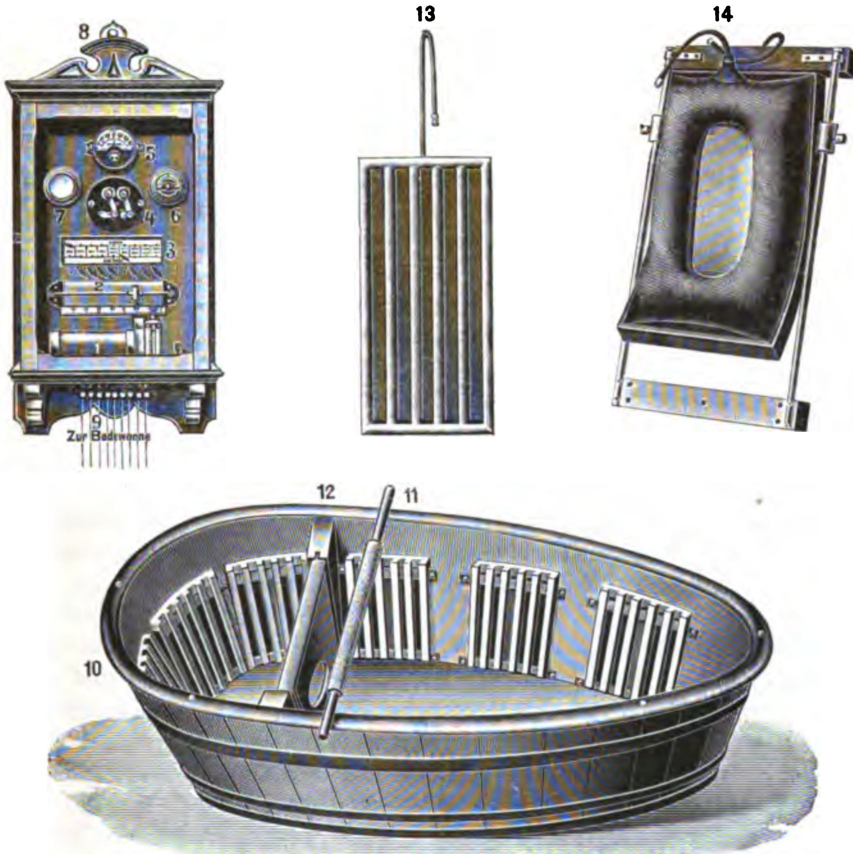
2) Auch eine allgemeine Galvanisation kann man versuchen: Die Ka sitze als große Platte an indifferenter Stelle, während unter den üblichen Kautelen die An von kleinerem Querschnitt etwa $^1/_4$ Stunde lang über die einzelnen obengenannten Teile gleitet. Diese Methode eignet sich besonders für die nicht selten zu findenden Fälle, in denen faradische Ströme überhaupt nicht vertragen werden. Auch kommt ihr in höherem Grade eine beruhigende Wirkung zu als der Faradisation. Man beginnt mit ganz schwachen, grade fühlbaren Strömen und steigt langsam in der Stromstärke.

Zentrale Galvanisation.

3) „Zentrale Galvanisation“ nennt man ein Verfahren, bei welchem eine große Ka in der Magengrube sitzt, während die An wandert, und zwar sitzt sie 2 Minuten an der Stirn, 2 Minuten am Nacken, ca. 5 Minuten am „Sympathicus“ (s. bei „Chorea“), wobei

natürlich an jeder Station ein- und ausschleichend der Strom von neuem appliziert wird; sodann folgt eine labile Rückengalvanisation. — Die zentrale Galvanisation ist das mildeste, am meisten sedativ wirkende Verfahren und darum bei besonders erregten Personen oder solchen,

Fig. 83.



Hydroelektrisches Bad (Reiniger, Gebbert & Schall).
Das Tableau links oben in der Figur enthält die Apparate zur Zuführung, Regulierung und Messung des von einer Zentralstation erzeugten Stromes (vgl. auch Fig. 39 im Kapitel 9 und den zugehörigen Text); es befindet sich darauf bei 1. ein Induktionsapparat, 2. ein Regulierapparat für die elektromotorische Kraft des galvanischen Stroms (sogen. Voltregulator; s. ebendaselbst), 3. ein Umschalter zur lokalen hydro-elektrischen Applikation an den verschiedenen Körperregionen (dazu dienen auch die an den Wänden der Wanne befindlichen Fächer zur Aufnahme der Bade-Elektroden), 4. ein Stromwechsler (s. auch Fig. 5 und 12) für galvanischen und faradischen Strom, 5. ein Galvanometer, 6. ein Schaltkontakt zur Zuführung des Stroms der Zentrale und 7. eine Bleisicherung. Oben am Tableau befindet sich bei 8. eine vorgeschaltete Glühlampe (s. Kapitel 9 im Text zu Fig. 39) und unten bei 9. die Zuleitungen zur Badewanne. 10. ist die Badewanne, 11. die Monopolarstange (s. den Text S. 118), 12. die Gummischeidewand (Diaphragma) zur Anwendung des Zweizellenbades, 13. eine plattenförmige Badeelektrode, 14. das im Text erwähnte Rückenkissen.

die gegen schmerzhafte Methoden eine heftige Abneigung haben, (Hypochonder, Traumatiker) in erster Reihe zu empfehlen.

Die Teile, die Sitz besonderer Beschwerden sind, sind dann im Sinne der oft genannten Prinzipien zu behandeln. —

Eine Einwirkung des Stromes auf den gesamten Körper kann in den hier in Frage stehenden Fällen auch erreicht werden durch die

Elektrische Bäder.

4) *elektrischen Bäder* (s. Fig. 33). Man kann den faradischen oder galvanischen Strom einer Batterie oder besser den Strom einer Gleichstromzentrale (s. Kapitel 9) in Holz-, Porzellan-, Ton- oder Steinwannen zu lauwarmem Bade-Wasser leiten und unterscheidet dabei zwei Hauptformen des Bades: das monopolare und das dipolare. Beim *monopolaren galvanischen Bade* wird der eine Pol — z. B. die Ka — in Form einer großen Plattenelektrode (13 in Fig. 33) zum Wasser geleitet, während eine über die Wanne gelegte überzogene und befeuchtete Stange, die der Patient mit den Händen anfaßt (Monopolarstange, 11 in Fig. 33), oder eine große Rückenplatte (400 qcm Q), an die sich der Patient anlehnt (14 in Fig. 33), mit dem anderen Pol — z. B. der Anode — verbunden wird und gewissermaßen als indifferente Elektrode dient. Man spricht von einem *Kathoden-Bad*, wenn das Wasser die Ka enthält. und umgekehrt.*) Bei einem *dipolaren galvanischen Bade* werden beide Elektroden zum Wasser geführt, und der Patient berührt keine von beiden. Diesen Bädern kommt (besonders bei absteigender Stromrichtung) eine beruhigende Wirkung zu, die man verstärken kann, wenn man dem im Bade sitzenden Körper eine die Körpermitte treffende und die Wanne gleichsam halbierende Gummi-Scheidewand (12 in Fig. 33) aufsetzt (*Zweizellenbad*). Dann muß der gesamte Strom, der sonst im Wasser Stromschleifen bildet, von einer zur anderen Elektrode den Körper passieren. Die Stromstärken betragen 50—100 und mehr MA. — Der Strom wird vorsichtig eingeleitet, während der Patient bereits im Bade sitzt. Anfangs wählt man schwächere, später stärkere Ströme. Die Dauer beträgt anfangs ca. 10 Minuten und steigt dann. — Schmerzen oder dergl. treten selbst bei hohen Stromstärken nicht ein. — Für die *faradischen Bäder* gilt bezüglich der Technik dasselbe. Man wird hier (wie übrigens auch für den galvanischen Strom) die dipolaren Bäder entschieden bevorzugen. Die Wirkung ist ähnlich der bei allgemeiner Faradisation: hauptsächlich erfrischend. *Schwache* faradische Bäder (und vielleicht auch die sinusoïdalen — s. weiter unten —) wirken jedoch vorwiegend beruhigend und schlafmachend. Faradische Bäder werden häufiger gebraucht als galvanische.

Zur möglichsten Vermeidung im Wasser abirrender Stromschleifen hat *Schnée* ein „Vierzellenbad“ konstruiert: es besteht aus vier kleinen Porzellanwannen, von denen zwei die Armlehnen eines Lehnsessels bilden und zwei (höhere) zu Füßen des Stuhles stehen. Alle vier sind mit der Stromquelle verbunden und können in beliebiger Reihenfolge eingeschaltet werden. Das Verfahren wird gegen verschiedene Beschwerden von Diabetikern, gegen Arthritis urica usw. empfohlen, bedarf aber noch dringend der Nachprüfung.

*) Die Bezeichnung müßte eigentlich umgekehrt sein, da die dem Körper unmittelbar anliegende Elektrode offenbar größere Wirkung auf ihn erzielt als die andere.

Als fünfte Form der elektrischen Allgemeinbehandlung der Neurosen käme die Franklinisation und als sechste die Autokonduktion im Arsonvalschen „Käfig" in Betracht. S. die betreffenden Kapitel und vgl. auch den Abschnitt über sinusoïdale Bäder. Dabei sei gleich bemerkt, daß sowohl das statische Luftbad als vielleicht auch die Wechselstrombäder eine sedative Wirkung ausüben, während statische Funkenströme eher erfrischend und anregend wirken. Die spezifische Wirkungsweise der Teslaïsation ist noch sehr problematisch.

Von Einzelheiten der symptomatischen Therapie bei diesen Leiden, die sich natürlich im großen und ganzen den schon oft erwähnten Prinzipien anschließt, seien noch folgende hervorgehoben:

Kopfschmerzen.

1) Die funktionellen Kopfschmerzen und Schwindelzustände der Hysterischen und Neurasthenischen kann man bekämpfen:

a) mit der Galvanisatio capitis in der S. 112 u. 113 ausführlich geschilderten Weise,

b) mit der Sympathicus-Galvanisation (s. bei „Chorea"),

c) mit der faradischen Hand: man appliziert die eine von zwei gleich großen Elektroden am eignen Körper, indem man sie z. B. in die Hand nimmt, die andere Elektrode fixiert man in der üblichen Weise am Körper (z. B. am Sternum oder im Nacken) des Patienten und fährt dann mit seiner eigenen freien Hand (bei schwachen faradischen Strömen) leicht streichend mehrere Minuten lang über den Kopf des Patienten. Man tut gut, vom suggestiven Effekt dieser Methode nicht zuviel zu erhoffen. — Vgl. auch Franklinisation (Kopfdouche) und Teslaïsation.

Rückenschmerzen.

2) Die hysterischen, neurasthenischen oder hypochondrischen Rückenschmerzen (Rhachialgie) werden wie die übrigen funktionellen Parästhesieen und Hyperästhesieen mit der faradischen Bürste oder der Massagerolle behandelt. Auch die Rücken-Galvanisation (s. S. 111) kann man natürlich versuchen. — Für die symptomatische Behandlung der besonderen Schmerzpunkte (z. B. Ovarie, Mastodynie) gelten die allgemeinen Grundsätze: Anodenbehandlung, leichte Bürstenfaradisation usw. — Andere Methoden s. im Kap. Franklinisation.

Hysterische Ausfallserscheinungen u. dergl.

3) Für die Behandlung der hysterischen Ausfallserscheinungen (Aphonieen, Lähmungen usw.) und Kontrakturen gilt besonders das oben Gesagte von dem Effekt jedes suggestiv stark wirkenden Verfahrens. So wird man z. B. bei Lähmungen die lokale Muskelfaradisation oder noch besser Galvano-Faradisation, bei Aphonieen die „interne Kehlkopf-Faradisation" (s. unten bei „Behandlung innerer Krankheiten") vornehmen können.

In nicht zu alten Fällen und namentlich bei jugendlichen Hysterischen kann man gelegentlich Erfolg von dem sog. „Überrumpelungs-Verfahren" sehen: indem man dem Patienten suggeriert, daß durch einmalige Elektrisation das betreffende Symptom beseitigt werden wird, setzt man unter Einschaltung kräftiger faradischer Ströme eine bürstenförmige Elektrode (oder eine ähnliche, plötzlichen starken Schmerz verursachende) auf den Ort, an dem sich das Symptom abspielt (z. B. bei der Aphonie auf die Kehlkopfgegend, bei Armlähmung auf den Plexus brachialis), läßt sie dort ganz kurze Zeit stabil

fordert nun den Patienten auf zu phonieren oder den Arm zu bewegen. kleinen Zwischenpausen wiederholt man diese Prozedur mehrmals, wobei man mit Ernst und Ruhe, in der üblichen Weise suggerierend, dem Kranken zuredet. So gelingt es mitunter, in einer einzigen Sitzung ein lange bestehendes Ausfallssymptom verschwinden zu sehen. Zur Befestigung des Erfolges kann man in den nächsten Tagen noch einige Male (dann event. mit schwächeren Strömen) das Verfahren wiederholen. — Diese Methode ist aber recht gewaltsam und überdies keineswegs zuverlässig; sie versagt ziemlich oft, und damit erleidet natürlich die Suggestibilität des Patienten nicht nur dieser, sondern auch anderen therapeutischen Methoden gegenüber große Einbuße: man muß sich, bevor man zu diesem Verfahren greift, klar machen, daß es eine Art Va-banque-Spiel bedeutet. — Trotzdem ist es in frischen Fällen schon darum gelegentlich empfehlenswert, weil man dadurch oft imstande ist, dem Geschäfts-Hypnotismus grade seine schönsten Opfer zu entreißen.

4) Für die lokalen Beschwerden der Neurastheniker usw. wird man nach den allgemeinen Grundsätzen verfahren. Besonders wäre noch zu erwähnen, daß für die unter das Unfallversicherungsgesetz fallenden Kranken mit traumatisch entstandenen Neurasthenieen, Hysterieen und Hypochondrieen besondere Verfahren nicht angezeigt sind. Man hüte sich nur davor, zu starke faradische Ströme zum Zwecke der „Simulanten-Abschreckung", wie sie in manchen „Heil-Anstalten" geübt wird, anzuwenden.

Traumatische Neurosen.

5) Gegen die sehr häufigen sexuellen Beschwerden (Impotenz, Pollutionen usw.) kann man entweder mit dem faradischen Strom eine Bürstung der Lendenwirbelsäule vornehmen, oder mit dem galvanischen Strom eine labile Behandlung derselben Gegend (wie sie S. 111 geschildert ist) ausführen: wenn man das elektrotonische Prinzip auch für diese komplizierten Vorgänge verwerten will, kann man bei Zuständen erhöhter sexueller Erregbarkeit die An, bei Zuständen herabgesetzter die Ka als gleitende Elektrode anwenden. Eine Behandlung mit absteigenden Strömen (s. S. 111) von der Lumbalgegend (An) nach dem Perineum (Ka) ist sicherlich oft von Vorteil. Es ist aber kaum anzunehmen, daß alle diese Verfahren anders als suggestiv wirken. — Darum sind auch besondere Vorschriften über Dosierung des Stromes nicht notwendig; man nehme im allgemeinen fühlbare, jedoch nicht zu starke Ströme. — Eine direkte Behandlung (namentlich etwa interne Elektrisation oder externe Faradisation) der Genitalien ist dringend zu widerraten. — Das beste bleibt für alle solche Fälle die Allgemeinbehandlung.

Sexuelle ...erden.

Schlaflosigkeit.

6) Gegen die Schlaflosigkeit wendet man oft mit günstigem Erfolge eine Kopfgalvanisation (besonders in den Abendstunden) an. Auch die Nacken- oder die Sympathicus-Galvanisation sowie die faradische Hand am Kopfe können dabei gebraucht werden. Namentlich sind schwache faradische Bäder zu empfehlen. (Vgl. auch die Kapitel Franklinisation, Teslaïsation und elektromagnetische Behandlung.)

Angst.

7) Die Angstzustände der Hysterischen und Hypochonder bekämpft man versuchsweise mit der Sympathicus-Galvanisation oder

mit rhythmischer faradischer Reizung des N. phrenicus (Wernicke) nach den oben (S. 37) gegebenen Vorschriften.

Herz-palpitation.

8) Gegen die Herzpalpitationen empfiehlt sich gelegentlich eine lokale galvanische An-Behandlung der Herzgegend mit schwachen Strömen. Eine indifferente Elektrode sitze dabei im Nacken (oder am Sternum). Oder man wendet absteigende Ströme an: An am Hals, unterm Ohrläppchen, Ka am Herzen. — Man kann auch für diese Störung, sowie für die vasomotorischen und sekretorischen Beschwerden funktioneller Natur, also z. B. für die Hyperhidrosis, das vorübergehende Erröten usw., die sogenannte Galvanisation des Sympathicus (s. unten) vornehmen. Weniger empfehlenswert und wohl nur suggestiv wirksam ist die Faradisation der Gegend des Hals-Sympathicus oder des Herzens mittels der Bürstenelektrode. Das gleiche gilt von der Franklinisation mit der Spitzenelektrode. — Über Herzmuskelerkrankungen s. bei „Erkrankungen innerer Organe“ und bei „Sinusoïdal-Ströme“.

9) Über Zittern s. S. 122. — Die Behandlung bei funktionellen Magen-, Darm-Beschwerden usw. wird bei „Behandlung innerer Krankheiten“ S. 127 besprochen. — Über Blasenbeschwerden s. bei „Enuresis nocturna“, S. 124 und S. 129. — Über Ohrensausen s. S. 129ff.

Chorea und Athetose.

Chorea und Athetose.

Die elektrische Behandlung der Chorea und Athetose bietet im allgemeinen durchaus keine glänzenden Aussichten. Man vermeide den faradischen Strom und mache entweder eine lokale Galvanisation der zuckenden Teile mit einer befeuchteten gleitenden An von kleinerem Querschnitt (ca. 20 qcm) bei schwachen Strömen, also bis 3 MA etwa, wobei eine größere Ka in der Fossa jugularis sitzt, oder man versuche

Sympathicus-Galvanisation.

a) Die Galvanisation des Hals-Sympathicus: eine Elektrode (An) von kleinem Querschnitt (ca. 5 qcm) sitzt am Hals in der Gegend unter dem Ohrläppchen, hinter dem absteigenden Unterkieferast, eine zweite (Ka) von gleichem Querschnitt in der Fossa jugularis. Man schaltet (vorsichtig einschleichend) einen Strom von ca. 1—3 MA ein, den man einige Minuten einwirken läßt. Danach wird vorsichtig wieder ausgeschaltet. Man kann die Ka auch an die symmetrische Stelle der anderen Seite oder auf die Gegend der unteren Halswirbelquerfortsätze der anderen Seite setzen.

b) Die Nacken-Galvanisation: die An (15—30 qcm Q) sitzt am Nacken, die Ka (indifferent, ca. 100 qcm) am Sternum oder in der Fossa jugularis. Stromstärke 2—5 MA.

Nicht ohne Nutzen sind in manchen Fällen die sedativen Formen der elektrischen Allgemeinbehandlung (zentrale Galvanisation, galvanische Bäder, Franklinsche Douche). Die suggestiven Methoden haben bei Chorea keine nachhaltigen Erfolge.

Tic-Krankheit.

Tic-Krankheit.

Beim allgemeinen Tic ist die Elektrotherapie ausschließlich Suggestionsträgerin: die elektrische Sitzung, z. B. eine schwache Galvanisation, wird dazu benutzt, die zur Behandlung dieses Leidens einzig geeignete Übungstherapie (Ruhe-Übungen) anzuwenden. Die Behandlung der den zuckenden antagonistischen Muskeln mit starken faradischen Strömen hat — wenn überhaupt — einen nur ganz vorübergehenden Effekt.

Paralysis agitans.

Paralysis agitans.

Für frische Fälle ist Galvanisatio capitis oder Nackengalvanisation empfohlen worden. Im übrigen gilt hier das weiter unten vom Tremor Gesagte. Große Wirkungen sind auch hier nicht zu erwarten. Insbesondere halte ich die Faradisation der zitternden Teile, auch wenn sie vorsichtig und mit schwachen Strömen geschieht, nicht für ratsam. In alten Fällen ist elektrotherapeutisch gar nichts zu tun; höchstens bringen galvanische Bäder (Ka-Bäder) Erleichterung.

Tetanie.

Tetanie.

Die Behandlung ist analog der für die lokalen Krämpfe angegebenen (s. S. 105), also hauptsächlich galvanische Anodenbehandlung mit schwachen Strömen.

Zittern.

Zittern.

Wenn das Zittern Symptom eines anderen Leidens ist (multiple Sklerose, Intoxikationen, Basedow, Hysterie usw.), so wird es meistens nicht besonders elektrotherapeutisch berücksichtigt. — Gelegentlich tritt es aber gewissermaßen idiopathisch auf (essentieller, kongenitaler, hereditärer, seniler Tremor usw.), oder es beherrscht das Krankheitsbild (wie z. B. in manchen Fällen von Hysterie). Dann kann man versuchen, durch faradische Bürstung mit nicht zu starken Strömen, durch Sympathicus- oder Nacken-Galvanisation eine Besserung herbeizuführen. Man darf sich aber nach dieser Richtung keinen großen Hoffnungen hingeben. Es ist wohl auch hier in den Fällen, in denen ein Erfolg eintritt, ein rein suggestiver Erfolg. — Auch elektrische Bäder (s. S. 117/118) werden empfohlen.

Beschäftigungsneurosen (Schreiber-Neurose usw.)

Beschäftigungsneurosen.

Man kann dabei gewöhnlich einzelne Formen unterscheiden, nämlich

1) eine sensorische,
2) eine motorische, und bei dieser wieder
   a) eine paretische,
   b) eine spastische (und wenn man will,
   c) eine tremorartige) Form.

1) Bei den sensorischen Formen, die sich im wesentlichen in Parästhesieen oder Schmerzen äußern (wie z. B. vielfach bei der

Violinspieler-, Telegraphisten-Neurose usw.), und bei denen motorische Beschwerden fehlen, wird eine faradische Bürstung der in Frage kommenden Teile (z. B. Finger, Hand usw.) rätlich sein, eventuell wird man auch eine stabile oder labile Anodenbehandlung oder die schwellenden faradischen Ströme (s. S. 109) anwenden.

2) a) Die paretischen Formen, wie sie bei Schreibern, Klavierspielern, Näherinnen usw. (wenn auch nicht häufig) vorkommen, behandelt man nach den Prinzipien, die bei allen übrigen Paresen herrschen, also mit lokaler Muskelfaradisation oder (Ka-) Galvanisation oder Galvano-Faradisation der von der Parese betroffenen, also der speziell bei der betreffenden Beschäftigung in Aktion tretenden Muskeln (z. B. bei der Schreiber-Parese: der Daumenballenmuskeln, der Interossei, der Hand- und Fingerbeuger usw.).

b) Bei den häufigsten, den spastischen Formen hingegen wird man grade die krampfenden Muskeln möglichst schonen und nicht zur Kontraktion bringen. Man wird sie höchstens vorsichtig mit der labilen An bei schwachen galvanischen Strömen bestreichen. Ein gleiches gilt natürlich für die sehr seltenen Tic-artigen Fälle, wie ich einen im oberen Facialis-Gebiet bei einem Uhrmacher gesehen habe. Dagegen kann man die Antagonisten dieser Muskeln kräftig lokal faradisieren (mit der Unterbrecher-Elektrode), um durch deren Kräftigung sowie durch passive Dehnung der krampfenden Muskeln günstig zu wirken.

c) Für die tremorartigen Formen gilt das oben unter „Zittern" Gesagte.

Bei den nicht seltenen gemischten Formen ist — individuell kombinierend — nach den genannten Prinzipien zu verfahren.

Vasomotorische und sekretorische Neurosen.

Vasomotorische u. sekretorische Neurosen.

Dahin gehören: lokales Erröten oder Erblassen, lokale Asphyxie, Erythromelalgie, vorübergehende lokale Ödeme, Urticaria, Hyperhidrosis usw. — Die Aussichten der elektrischen Behandlung sind auch für diese Zustände keine glänzenden. Man versuche die Galvanisation des Sympathicus (s. oben bei „Chorea") oder die absteigende Galvanisation der im Bereiche der Krankheitssymptome liegenden Nervenstämme.

Bei der Erythromelalgie und den höheren Graden lokaler Asphyxie (Raynaudsche Krankheit) kann man auch die Galvanisation des Rückenmarks vornehmen. Bei geringeren Graden der Erythromelalgie, sowie bei den Akroparästhesieen sieht man von faradischer Bürstung der affizierten Extremitäten-Enden, z. B. der Fingerspitzen, nicht selten (vorübergehenden) Erfolg, ebenso von lokalen elektrischen Bädern (s. S. 126) mit warmem Wasser. Dagegen ist bei Raynaudscher Krankheit die peripherische Faradisation nicht ratsam.

Gegen Sklerodermie kann außer den Methoden der Allgemeinbehandlung (s. oben) eine örtliche Galvanisation der Plaques mit ziemlich starken Strömen versucht werden.

Weiteres s. auch in den Kapiteln über Franklinisation, Teslaïsation und Elektromagnet-Behandlung.

Hemikranie.

Hemikranie.

Die Behandlung geschieht analog den S. 112 und 119 für die Cephalalgie angegebenen Verfahren. Besonders für die sogen. angioparalytischen Formen, d. h. diejenigen, die mit starker Gesichtsblässe einhergehen, lohnt es sich wohl, die Galvanisatio capitis oder die des Sympathicus zu versuchen.

Die besten Erfolge erzielt hier wohl die Franklinsche Kopfdouche. Auch durch Teslaïsation habe ich in einzelnen Fällen auffallende Besserungen gesehen, wogegen ich mich vom Nutzen der Elektromagnet-Behandlung nicht überzeugen konnte. --

Morbus Basedowii.

Morbus Basedowii.

Auch für dieses Leiden ist die Sympathicus-Galvanisation empfohlen worden. Aber man kann auch — wenn man die Basedowsche Krankheit als eine Krankheit der Oblongata ansieht — die Galvanisation der Medulla oblongata ausführen, indem man zwei gleich große Elektroden von mittlerem Querschnitt, gut befeuchtet, auf beide Processus mastoidei aufsetzt. Man läßt den Strom erst in einer Richtung und dann in der umgekehrten hindurchgehen, achte aber hier besonders noch auf vorsichtiges Ein- und Ausschleichen und wende die Stromrichtung nicht bei geschlossenem Strom. Die Stromstärken seien nur gering: also $^1/_2$—$1^1/_2$ MA.

Am meisten Erfolg — und in manchen Fällen anscheinend ganz eklatanten Erfolg — verspricht für die Therapie des Morbus Basedowii die galvanische Durchströmung der Struma, resp. (wo keine Struma vorhanden ist) der Thyreoidea. Die Anordnung und Größe der Elektroden, sowie die übrigen Regeln sind analog denen bei der Galvanisation der Oblongata. Die Elektroden sitzen zu beiden Seiten der Struma. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 5—10 Minuten. Wiederum läßt man den Strom erst in der einen, dann (nach vorsichtigem Ausschleichen) in der umgekehrten Richtung hindurchgehen. — Libotte empfiehlt hierfür sehr starke, langwirkende Ströme (bis 60 MA). — Auch Faradisation der Struma mit sehr starken Strömen (Plattenelektroden) kann man versuchen.

Enuresis nocturna.

Enuresis nocturna.

Es empfiehlt sich in der Regel nicht, zur Behandlung dieses Symptoms sich der bougieförmigen Elektroden zu bedienen, von denen verschiedene Formen angegeben worden sind, und die in die Urethra eingeführt werden sollen, während der andere Pol, mit einer großen, indifferenten Platte bewaffnet, auf dem Sternum oder dergl. aufsitzt. Man sollte niemals ohne Not bougieren oder katheterisieren. Da die Bougie-Elektroden an ihrem Ende unüberzogen sind, so verätzen sie überdies leicht die Schleimhaut. Es genügt zweifellos, um recht günstige

Resultate zu haben, eine „externe“ Behandlung: und da kann man entweder die eine Elektrode (Ka) an die Lumbalgegend, und die andere (An) auf das Perineum setzen und nun mittelstarke (2—6 MA) galvanische oder auch allmählich bis zu ziemlich hoher Stärke anschwellende faradische Ströme durchleiten; oder die Ka sitzt in der Lumbalgegend, die An über der Symphysis ossium pubis, und man verfährt in derselben Weise; oder schließlich: die An sitzt an der Symphyse, die Ka am Perineum. Wieder ist das Verfahren das gleiche.

In allen Fällen wähle man die Elektroden von gleicher und mittlerer Größe (ca. 20—50 qcm.).

Auch die Blasenbeschwerden der Tabiker oder der anderen Rückenmarksleidenden und die der Neurasthenischen und Hysterischen kann man in ähnlicher Weise behandeln. (Näheres s. auch bei „Erkrankungen innerer Organe“.)

Zur Behandlung mit der bougieförmigen Elektrode wird man sich nur ausnahmsweise entschließen, also in sehr hartnäckigen Fällen, oder (z. B. bei neurasthenischen und hysterischen Urinbeschwerden) um einen bestimmten suggestiven Effekt zu erzielen. Dann aber ist immer der faradische Strom vorzuziehen oder — wenn durchaus galvanisiert werden soll — wenigstens fortwährendes Stromwenden (Voltasche Alternativen) vorzunehmen. Es braucht nicht gesagt zu werden, daß sorgfältigste Asepsis bei Einführung der Elektrode zu beobachten ist. —

---

f) Gelenk-Erkrankungen.

Von der elektrischen Behandlung ausgeschlossen sind akute, namentlich eitrige oder sonstige infektiöse Gelenkleiden.*) Für die übrigen, also namentlich die subchronischen und chronischen, ist die Therapie im großen und ganzen die gleiche, mögen sie auch noch so verschiedene Ätiologie und anatomische Grundlage haben. Man wendet nämlich vorwiegend folgende Methoden an: Gelenkleiden.

1) eine Durchströmung des erkrankten Gelenks mit nicht zu schwachen (faradischen oder besser galvanischen) Strömen, wobei das Gelenk zwischen die beiden Elektroden genommen wird. Die Größe der Elektroden hängt von der Größe des Gelenks ab; die Dauer der Durchleitung beträgt ca. 10 Minuten. Man rechnet dabei auf eine elektrolytische Wirkung des Stromes. Neuerdings empfehlen die Autoren sehr starke Ströme (bis 50 MA) zur Erzielung von Elektrolyse.

2) kann man eine Rollung der Gelenkgegend mittels der Massagerolle vornehmen, wobei man wiederum mittelstarke faradische (event.

*) Neuerdings werden auch gegen frische Gelenkkrankheiten elektrotherapeutische Methoden angegeben: so namentlich Kataphorese mit Salicyllösungen gegen akuten Gelenkrheumatismus (Roques); Galvanisation gonorrhoischer und tuberkulöser Gelenkaffektionen mittels starker — 30—60 MA — durch das Gelenk geleiteter Ströme (Chanoz und Lévèque, Delherm). — Eine Gelenkkataphorese mit Lithion wird gegen chronische Erkrankungen empfohlen.

auch galvanische) Ströme verwendet; bezw. die manuelle elektrische Massage (s. S. 110).

3) ist es oft zweckmäßig, sich elektrischer Bäder zur Behandlung artikulärer Erkrankungen zu bedienen, und zwar entweder (bei ausgedehnter Polyarthritis) der Vollbäder (s. S. 118); oder man kann (bei mehr circumskripten Erkrankungen, z. B. bei einer, Hand oder Fuß allein betreffenden, subchronischen oder chronischen Arthritis rheumatica oder urica, oder auch bei Ankylose der Hand und Fingergelenke usw.) lokale Bäder versuchen. Man leitet den Strom sehr leicht durch das Bad, wenn man eine indifferente Elektrode am Körper, z. B. am Sternum, befestigt und die andere in ein Holz- oder Tongefäß, das mit warmem Wasser gefüllt ist, versenkt, resp. die Leitungsschnur des andern Pols mit einem leitenden Badegefäß (z. B. einem metallenen Topf oder einer Wanne) durch eine daselbst angelötete Polklemme verbindet, sodaß das Badegefäß gewissermaßen als Elektrode an die Leitungsschnur angeschraubt wird. — Übrigens wird gegen Gelenkrheumatismus auch der statische und der Hochfrequenzstrom angewendet (s. die betreff. Kapitel). — S. auch Vierzellenbad, S. 118.

4) wird man bei Bestehen von Muskelatrophieen, wie sie sich häufig an Gelenkerkrankungen, Frakturen u. dgl. anschließen, in der gewöhnlichen Weise (s. S. 107 und 108) die lokale Muskelbehandlung vornehmen, nach Frakturen eventuell prophylaktisch schon im Verbande eine Faradisation der Nervenstämme.

Zur Behandlung der Gelenkneuralgieen oder der schmerzhaften Gelenkneurosen verfahre man nach den allgemeinen, für die Neuralgie-Behandlung angegebenen Prinzipien (s. oben S. 104, und vgl. auch das Kapitel über Teslaïsation).

Nach den für die Gelenkleiden gültigen Grundsätzen behandle man auch die Sehnen- und Sehnenscheidenerkrankungen; besonderes ist hierüber nicht zu bemerken.

g) Erkrankungen der inneren und Sinnes-Organe und Allgemein-Krankheiten.

Für die verschiedenen inneren Organe sind spezielle Metall-Elektroden konstruiert, um bei außensitzender indifferenter Elektrode den differenten Pol in das Innere des Organs einführen zu können; solche Elektroden existieren z. B. für den Magen, den Mastdarm, die Blase, die weiblichen Genitalien, den Kehlkopf, die Nase. Alle Metall-Elektroden, wenn sie mit dem galvanischen Strom eingeführt werden, können leicht die Schleimhäute anätzen. Deshalb sind sie im allgemeinen zu verwerfen. Werden sie trotzdem angewandt, dann sind fortwährende Stromwendungen (Voltasche Alternativen) auszuführen, um keine Ätzwirkung eintreten zu lassen. Für den faradischen Strom können solche Elektroden (z. B. für den Magen hinunterschluckbare oder in Form eines Magenschlauches nach vorherigem Genusse von 1—2 Gläsern Wasser eingeführte) eher verwendet werden. Meistens sind sie auch

dafür überflüssig und können mit demselben Erfolge durch äußere Applikationen des Stromes ersetzt werden: die inneren Applikationen sind — daran ist trotz vereinzelter gegenteiliger Behauptungen (z. B. Bucelli) festzuhalten — nur im Notfalle oder zum Zwecke besonderer suggestiver Wirkungen zu verwerten. Die Behandlungsmethoden sind die folgenden:

Magen- und Darmkrankheiten.

1) Die Magen- und Darmkrankheiten werden vorwiegend mit faradischen und zwar meistens ziemlich starken Strömen behandelt. Besonders fallen in den Bereich der Elektrotherapie die atonischen Zustände (Atonia ventriculi; nervöse, katarrhalische oder nach Ulcus zurückgebliebene Ektasie; Gastroptose; Ructus und Vomitus nervosus; Darmatonie; chronische habituelle Obstipation; chronische Katarrhe). — In diesen Fällen setzt man eine Platte von 400 bis 500 qcm Q gut durchfeuchtet auf den Rücken oder den Nacken, während eine kleinere von ca. 50—100 qcm Q oder eine Massagerolle labil in der Richtung der Peristaltik mit Druck über den Magen oder Dickdarm geführt, bezw. stabil — eventuell in mehreren Stationen — über einzelnen Punkten aufgesetzt wird; an diesen Punkten kann man auch, wenn die differente Elektrode einen Unterbrecher trägt, Unterbrechungen ausführen. Die Ströme müssen dabei ziemlich beträchtlich sein. — Dauer 10—15 Minuten. —

Manche Autoren ziehen den galvanischen Strom vor. Bei Subacidität des Magensaftes scheint er sogar dem faradischen überlegen zu sein. Bei indifferenter großer Rückenplatte (s. oben) läßt man eine Kathode labil über den Magen bezw. Darm ca. 10—20 Minuten in der Richtung der Peristaltik gleiten; Stromstärke bis 50 MA. — Auch der kombinierte Strom wird in ähnlicher Weise angewendet.

Damit kann man dann noch (bes. bei Obstipation) die Galvanisation der Splanchnici (Ka bei starken Strömen am 6.—12. Brustwirbel) verbinden. Auch statische Bäder sollen (nach Laquerrière) gegen Verstopfung empfehlenswert sein.

In den meisten Fällen ist eventuell (s. oben) auch interne Faradisation zulässig, wobei die innere Elektrode feststeht, während die äußere labil geführt wird. Die innere wird wie eine Magensonde eingeführt; es gibt jedoch auch Elektroden, die vom Patienten hinuntergeschluckt werden — oder richtiger: hinuntergeschluckt werden sollen; denn die Mehrzahl der Patienten bringt dieses Schlucken nicht zu stande. — Kontraindiziert ist die Methode bei Vomitus, Ructus und Regurgitation. Jede Elektrisation ist verboten bei frischem Ulcus, akuten Katarrhen, Tumoren, Tuberkulose, drohender Peritonitis; auch bei Hypersekretion wird meist davon abgeraten.

Kräftige labile Darmfaradisation, -Galvanisation oder -Galvanofaradisation (mit Ka am Rücken oder — weniger empfehlenswert — im Mastdarm) soll in einigen Fällen Darmocclusionen und hartnäckige akute Verstopfungen beseitigt haben; sie muß dann etwa 2—3 mal täglich 1/4 Stunde lang ausgeführt werden. Über die Kautelen bei interner Behandlung gilt wieder das oben Gesagte.

Es soll sogar gelungen sein, eingeklemmte Hernien durch kräftige, 10—15 Minuten lang ausgeführte, lokale oder Bauchmuskel-Faradisation zu reponieren (?).

Für die motorischen und sensiblen Reizzustände im Gebiete des Digestions-Tractus gilt im allgemeinen das oben bei Neuralgieen und Krämpfen Erörterte: Gastrospasmus, Cardiakrampf, Bleikoliken, Magenkrisen infolge spinaler Krankheiten, Cardialgieen und Darmneuralgieen werden gewöhnlich mit der lokalen (50—100 qcm großen) Anode behandelt, wobei die große indifferente Ka am besten am Rücken sitzt. Auch das Ein- und Ausschleichen wird in der üblichen Weise vorgenommen, nur sind die Ströme erheblich stärker, bis 15 bis 25 MA.

Andere empfehlen faradische Bürstung oder anschwellende Induktionsströme (s. S. 109). Bei dem sog. Sodbrennen und bei Übelkeit sollte man die Galvanisation des Sympathicus oder Vagus (absteigend vom oberen Ende der Fossa carotidea zum Jugulum, mit schwachen Strömen) versuchen. —

Ähnlich wie Neuralgieen sind auch die eigentlichen Magen-Darm-Neurosen zu behandeln (Dyspepsia nervosa, Bulimie, Anorexie, Diarrhoea nervosa, Enteritis membranacea usw.). Doch empfiehlt sich hier in erster Reihe eine Allgemeinbehandlung (allgemeine Faradisation oder Galvanisation, bezw. elektrische Bäder). Bei Dyspepsie kann man auch Faradisation quer durch die Hypochondrien vornehmen. —

Krampf und Lähmung des Sphinkter ani wird analog allen übrigen Krampf- und Lähmungszuständen behandelt. —

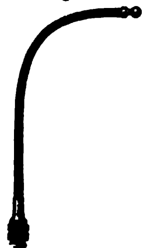
Herzkrankheiten.

2) Herzkrankheiten. In erster Reihe kommen die Neurosen in elektrische Behandlung. Methoden s. oben S. 121.

Gegen Herzmuskel-Insuffizienz verschiedenster Genese werden schwache faradische Bäder angewandt, sowie eine leichte Faradisation der Herzgegend. Neuerdings werden mit besonderem Nachdruck die Sinusoïdal- (Wechselstrom-)Bäder empfohlen, und zwar auch von solchen Autoren, die den theoretischen und diagnostischen Anschauungen der Hauptverfechter dieser Methode durchaus nicht beistimmen (s. den Anhang).

Bei Aneurysmen der Aorta wird geraten, einen galvanischen Strom von 10—20 MA (An auf dem Aneurysma, Ka auf dem Rücken) 15—30 Minuten lang hindurchzuleiten.

Kehlkopfkrankheiten.


Fig. 34.

3) Bei Kehlkopf-Muskellähmungen oder funktionellen Störungen (Aphonie) kann eine externe Faradisation oder Galvanisation der Kehlkopfgegend mit stabiler oder labiler Ka ausgeführt werden, oder man kann in der Tat ohne Schaden mit einer überzogenen Kehlkopf-Elektrode (Fig. 34) bei indifferenter auf dem Sternum unter Kontrolle des Kehlkopfspiegels schwache interne Galvanisation oder Faradisation ausführen. Mit einem ähnlichen Verfahren behandelt man auch die (z. B. diphtherischen) Gaumensegel-Lähmungen.

Bei nervösem Husten tut faradische Bürstung des Kehlkopfs sowie Durchströmung des Larynx mit galvanischen Strömen nicht zu hoher Stärke oft gute Dienste. Galvanische Ströme am Halse (Ka im Nacken, An an der Seitenfläche) empfiehlt Stembo als Expectorans.

4) Blasen- und Sexualkrankheiten (s. auch S. 120 u. 124). Gegen die Krampfzustände der Blase (Tenesmus) wird stabile Anodenbehandlung des Lenden- und Sakralmarks oder faradische Pinselung dieser Region, sowie des Perineums und der Symphysengegend angewandt. Auch kann man eine An auf das Perineum und eine große Ka auf die Symphyse setzen und den galvanischen Strom durchleiten. Für diese Fälle ist vor interner Behandlung gradezu zu warnen (s. S. 124). Blasen- und Sexualkrankheiten.

Über die Behandlung der Lähmungen und Paresen ist oben (S. 124) bereits das Wesentlichste gesagt worden. Hinzugefügt sei, daß man bei Inkontinenz die Behandlung von der Lumbalgegend zum Perineum, bei Retentio urinae die von der Lumbalgegend zur Symphyse bevorzugt. — Wird in diesen Fällen aus irgend welchen Gründen die interne Behandlung gewählt, so ist, wie nochmals wiederholt sei, nur der faradische Strom oder der galvanische bei fortwährenden Stromwendungen gestattet. Bei Inkontinenz wird die bougieförmige Elektrode nur bis zum Blasenhals (Sphinkter) eingeführt, bei Retentio in die Blase selbst (vorherige Füllung mit warmem Salzwasser wird empfohlen). — Man hat auch geraten, eine Elektrode des galvanischen Stromes (An) in das Rectum einzuführen, während die andere (Ka) auf der Symphyse sitzt. Diese Methode, deren Wert nicht ganz feststeht, ist jedenfalls noch akzeptabler als die, bei der eine Elektrode ins Rectum, die andere in die Blase gebracht werden soll; ich halte die letztgenannte für keineswegs unbedenklich.

Bei Prostata-Hypertrophie und Prostatitis setzt man eine galvanische Ka ins Rectum, indem man sie gegen die Vorderwand drückt; eine An sitzt dabei auf dem Perineum. Dauer 5—10 Minuten; mittlere Stromstärke. Bei Schmerzhaftigkeit der Prostata ist die Polanordnung die umgekehrte.

Gegen Dysmenorrhoe werden die Zweizellenbäder (s. S. 118) empfohlen. Über Behandlung der Genitalleiden mit undulierenden Strömen s. Anhang; über Behandlung der Impotenz S. 120.

Der faradische Strom ist wiederholt als wehentreibendes Mittel angewandt worden (Faradisatio uteri). Der galvanische Strom soll angeblich ein Emmenagogon sein (?).

5) Augenkrankheiten s. oben S. 114 u. 115. — Hinzugefügt sei noch, daß gegen chronische Entzündungen der Retina und der Iris eine Art faradischer Massage empfohlen wird: Friktionen der Lider mit einer kleinen Elektrode oder mit den Fingern der „faradischen Hand“ (s. S. 119). Für die gleichen Krankheiten ist eine kleine Vorrichtung zu „elektrischen Augenbädern“ konstruiert worden. Augenkrankheiten.

6) Ohrenkrankheiten. Gegen Ohrgeräusche aller Art (Arteriosklerose, Mittelohr- und Labyrintherkrankungen, Hysterie usw.) Ohrenkrankheiten.

wird, wenn sie einseitig sind, Ohrgalvanisation in der Weise vorgenommen, daß man von zwei gleich (15—20 qcm) großen Elektroden die An auf das kranke, die Ka auf das gesunde Ohr setzt und nun vorsichtig 2—5 MA stabil hindurchschickt. Manche empfehlen auch, nicht immer die An, sondern denjenigen Pol auf das kranke Ohr zu bringen, von dessen Einwirkung vorherige Prüfung ergeben hat, daß sie bei gewisser Stromstärke die Geräusche zu unterdrücken im stande ist. Immer ist vorsichtiges Ein- und Ausschleichen nötig. — Bei doppelseitigen Geräuschen setzt man eine indifferente Elektrode (meistens Ka) aufs Sternum und zwei an einer gegabelten Leitungsschnur befestigte Elektroden (meistens Anoden) auf beide Ohren und verfährt im übrigen, wie oben angegeben. (S. auch „Teslaïsation".)

In gleicher Weise wird die Hyperästhesie des N. acusticus behandelt, während peripherische Hyperästhesie der Muschel und des äußeren Gehörgangs mit den üblichen Methoden (stabile Anoden-Galvanisation, faradischer Pinsel usw.) zu bekämpfen ist. Zur Behandlung des äußeren Gehörgangs kann man auch eine besondere Ohrelektrode benutzen.

Gegen die Menièresche Krankheit wird, wie gegen die übrigen Schwindelzustände, Kopflängs- und Quergalvanisation oder auch die Anodengalvanisation des Ohres gebraucht.

Hautkrankheiten.

7) Bei einigen Hautkrankheiten, z. B. Prurigo, soll man nach einigen Autoren die Sympathicus-Galvanisation versuchen. Über Teslaïsation bei Hautkrankheiten s. das betr. Kapitel.

Chlorose.

8) Für Chlorose und Anämie ist allgemeine Faradisation oder elektrische Bäder oft von Vorteil.

Stoffwechselkrankheiten.

9) Die Behandlung der Stoffwechselkrankheiten s. im Kapitel Teslaïsation.

9. Kapitel.

II. Über galvano- und faradotherapeutische Apparate.

Es kann nicht die Aufgabe eines elektrotherapeutischen Leitfadens sein, eine Beschreibung aller oder auch nur vieler von den zahlreichen Apparaten oder Hilfsapparaten zu geben, die für die elektrische Diagnostik und Behandlung empfohlen und konstruiert worden sind. Es muß demjenigen, der einen Apparat erwerben will, überlassen werden, sich an der Hand der von den großen Firmen herausgegebenen Kataloge über die einschlägigen Fragen zu orientieren. Es soll hier nur in Kürze auf diejenigen Punkte hingewiesen werden, die bei der Anschaffung, Auswahl und Benutzung eines Apparats für Galvanisation und Faradisation maßgebend sein müssen. Die Anforderungen, die an einen guten Apparat zu stellen wären, sind:

1) möglichste Konstanz der Elemente, 2) möglichste Exaktheit und Handlichkeit der Nebenapparate, 3) möglichste Billigkeit.

Die konstanten Elemente.

Konstante Elemente.

Wenn man ein Element in einfacher Weise (s. S. 1) so zusammenstellt, daß man zwei Metallstücke, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit (Säurelösung) tauchen läßt, so geht während der ganzen Dauer des Eintauchens eine Elektrolyse des in der Lösung enthaltenen Wassers vor sich, eine Trennung in H und O. Während sich der Wasserstoff am negativen Metall, an der Kohle, ansetzt, verbindet sich der Sauerstoff mit dem positiven Metall, dem Zink, zu Zinkoxyd; enthält nun die Säure z. B. Schwefel, so verbindet sich das Zinkoxyd mit diesem zu Zinksulfat, welches sich in der Flüssigkeit auflöst. — So tritt erstens eine allmähliche Verkleinerung des Zinks ein, zweitens eine allmähliche Umhüllung der Kohle und drittens eine allmähliche Veränderung der Element-Flüssigkeit. Alle drei Umstände tragen dazu bei, eine allmähliche Schwächung der (elektromotorischen) Kraft des Elements herbeizuführen. — Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Er verursacht schließlich das Auftreten von immer stärkeren Gegenströmen in der Elementflüssigkeit und damit allmählich eine völlige Untätigkeit des Elements. Wenn man solche Elemente zum Treiben galvanischer Batterieen anwendet, so muß man darauf achten, daß man 1) die Metalle nur während der Zeit der Benutzung in die Flüssigkeit tauchen läßt und nachher sofort aus derselben heraushebt; daß man 2) nach mehrtägiger Benutzung die Flüssigkeit erneuert, sobald man nämlich merkt, daß der Strom, den der Apparat liefert, allmählich schwächer wird; und daß man 3) nach mehrwöchentlichem resp. mehrmonatlichem Gebrauch die Zinkplatte erneuert. Man hat Elemente eines ähnlich einfachen Baues konstruiert, sie bilden die sogen. Tauchbatterieen, die man zum Treiben der transportablen galvanischen Apparate benutzt. (Deren Beschreibung s. unten S. 136ff.)

Fig. 35.



Leclanché-Element.

Um die Übelstände zu vermeiden, die mit dem fortwährenden Füllen und Reparieren verbunden sind, und um eine größere Gleichmäßigkeit in der Tätigkeit zu erzielen, hat man versucht Elemente zu schaffen, bei denen die Polarisation möglichst vermieden wird und demgemäß keine oder doch nur eine sehr langsame Abnutzung eintritt, sogen. konstante Elemente.

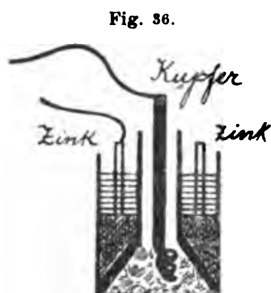
Von ihnen ist in erster Linie zu nennen:

1) Das Leclanché-Element (Fig. 35), wohl das konstanteste und am meisten verbreitete Element. Es besteht aus einem Zinkstab, einem weiten Kohlebraunstein-Zylinder, der den Stab umgibt, und einem engeren porösen Tonzylinder, der die beiden Metalle voneinander trennt und bis auf den Gefäßboden reicht. Die Flüssigkeit ist eine gesättigte Salmiaklösung. Durch die Trennung der Metalle voneinander wird die Elektrolyse und das Auftreten von Gegenströmen so erschwert, daß eine Polarisation erst nach mehrmonatlichem, intensivem Gebrauch auftritt. Man hat mit einer aus solchen Elementen

bestehenden Batterie nichts zu tun, als von Zeit zu Zeit, wenn man Nachlassen der Stromkraft merkt, Flüssigkeit aufzugießen. Erst nach Monaten oder (bei mäßigem Gebrauch) nach Jahren müssen die Zinkstäbe von angesetzten Kristallen gereinigt, resp. erneuert werden. Das Element ist also sehr konstant. — Von den zahlreichen Formen und Modifikationen dieses Elements ist in Berlin die in der Figur 35 gegebene die verbreitetste.

2) Das Daniell-Siemenssche Element (Fig. 36, im Schnitt gezeichnet), früher sehr verbreitet, jetzt durch das vorige fast ganz verdrängt. Es besteht aus Zink, Kupfer und einer verdünnten Schwefelsäurelösung. Das Kupfer bildet einen Stab mit unterem spiralförmigem Ende. Dieser Stab taucht in die Flüssigkeit, die außerdem Stücke von Kupfervitriol enthält. Das Zink bildet einen Zylinder, der den Kupferstab umgibt. Zwischen beiden Metallen befindet sich ein Trichter, dessen breite Öffnung auf dem Boden des Elementgefäßes aufruht, und der im oberen Teile aus Glas, im unteren aus Ton besteht. Durch aufgestopfte Pappe ist der Trichter in seiner Lage fixiert. Auf der Pappe sitzt also der Zinkzylinder; der Kupferstab steckt im Trichter. — Auch dieses Element ist sehr konstant.

Fig. 36.



Schnitt durch ein Daniell-Siemens-Element.

3) Die Trockenelemente verschiedenster Konstruktion. Sie werden viel häufiger zum Treiben transportabler als stationärer Apparate benutzt: sie haben den Vorzug leichter Transportfähigkeit, aber den Nachteil relativ hoher Reparaturkosten. (Näheres s. unten.)

Die Einrichtung eines stationären Apparates und der Nebenapparate.

Stationäre Apparate.

Aus solchen Leclanché- oder Daniell-Elementen besteht die große Mehrzahl der Batterieen, die zum Treiben der größeren stationären Apparate benutzt werden. Die Batterie besteht aus etwa 30—60 Elementen, die meistens in einem Tischkasten in der oben (S. 3) geschilderten Weise hintereinander gereiht sich befinden. Außerdem stehen im Kasten noch zwei ebensolche (aber „gleichnamig" verbundene) Elemente, die zum Treiben des faradischen Apparates dienen. Die übrige Einrichtung eines solchen stationären Apparates für galvanischen und faradischen Strom ist oben (S. 3 ff.) ausführlich beschrieben worden. Es gibt natürlich zahlreiche Modifikationen in der Konstruktion des Apparats und der Nebenapparate, die aber hier nicht näher zu erörtern sind. Zu erwähnen sind nur folgende Punkte:

Als Rheostaten bedient man sich am besten der Metallrheostaten aus Neusilber-, Nickelin- oder ähnlichem Draht. Bei den von Leclanché-Elementen gespeisten Apparaten wird in der Regel aus technischen Gründen der Rheostat im Hauptschluß (s. S. 8 ff.) angebracht. Für kleinere, transportable Apparate werden auch andere Rheostaten

benutzt, die unten erwähnt werden sollen. Je größer der Rheostat ist (je mehr Widerstände und je mehr Kontakte er enthält), um so feinere Abstufung in der Stromstärke wird möglich sein.

Von Galvanometern ist eins der neuesten das auf der Fig. 37 abgebildete, sehr empfehlenswerte Vertikal-Galvanometer von Hirschmann. Es erfüllt die Anforderungen, die an ein Galvanometer zu stellen sind, in nahezu idealer Weise. Vielfach sind auch Galvanometer im Gebrauch, welche eine liegende Nadel enthalten, die an einer ebenfalls liegenden Skala schwingt (Horizontal-Galvanometer). Die vertikalen sind jedoch vorzuziehen, weil die Ablesung an ihnen leicht und sofort möglich ist. Gleichmäßige und bequeme Benutzbarkeit bieten auch die Galvanometer nach Deprez-d'Arsonval, die in jeder Stellung verwendet werden können. Galvanometer.

Fig. 37.



Die älteren Formen von (Vertikal-)Galvanometern, bei denen die Nadel bei Stromschwankungen lange Zeit braucht, ehe sie zur Ruhe kommt, sind nicht praktisch: ehe man bei ihnen die vorhandene Stromstärke ablesen kann, ist durch Sinken des Hautwiderstandes vielfach bereits eine Änderung der vorhandenen Stromstärke eingetreten, sodaß man ein falsches Resultat abliest. Die Nadel der neueren Galvanometer hingegen schwimmt gleichmäßig und ermöglicht durch Ausfall von Schwankungen ein rasches Ablesen.

Auch die Galvanometer werden in verschiedenen Größen angefertigt; die größten lassen ein Ablesen von kleinsten Bruchteilen eines MA zu, arbeiten also am exaktesten. Manche Fabriken fertigen neuerdings Meßapparate an, die vermittelst einer kleinen Umschaltung bald als Galvanometer (Ampèremeter), bald als Voltmeter benutzbar sind, an denen man also nicht nur die Strom-Intensität, sondern auch die (Volt-)Spannung ablesen kann. Damit wird namentlich auf die oben (S. 52, Fußnote) erwähnten Duboisschen Versuche Rücksicht genommen, nach denen die galvanische Ka SZ nicht von der Intensität allein, sondern von der Spannung abhängen soll. Für den Praktiker sind solche Apparate, solange jene Versuchsresultate noch nicht unangefochten sind, durchaus entbehrlich.

Von Elementenzählern sind besonders die von Reiniger, Gebbert und Schall konstruierten als vorzüglich zu erwähnen. Sie enthalten einen sogen. „Doppelkollektor“ (s. Fig. 38), der gestattet, eine beliebige Anzahl von Elementen einer Batterie (an irgend einem Element der Reihe angefangen) in den Stromkreis zu bringen. Dadurch wird Elementenzähler.

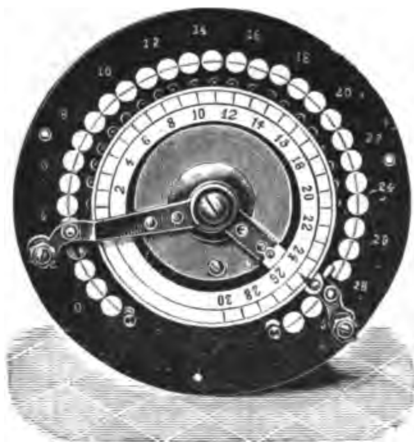
eine vollkommen gleichmäßige, ökonomische Ausnutzung der Batterie ermöglicht.

Der Preis eines stationären Apparates für faradischen und galvanischen Strom, der allen Anforderungen gerecht wird, schwankt in den Fabriken etwa zwischen 350—1000 Mark.

Anschluß-Apparate.

An Orten, in denen elektrische Beleuchtungs- oder andere Gleichstrom-Dynamo-Anlagen*) sich befinden, tut man am besten, die elektrotherapeutischen Apparate an die öffentliche Leitung anschließen zu lassen. Man erspart dann die Anschaffung von Elementen und die Reparaturen. Durch eingeschaltete Widerstände (Glühlampen) wird an den hierfür konstruierten Apparaten der für unsere Zwecke viel zu starke Strom, der von den Zentralen geliefert wird, soweit abgeschwächt, um diagnostisch und therapeutisch mit Hilfe großer Rheostaten oder Spannungsregulatoren (Voltregulatoren) verwertet werden zu können. Die Apparate sind billiger als die von Elementen getriebenen.

Fig. 38.



Doppelkollektor
(Reiniger, Gebbert und Schall).

Sie werden entweder, wie die von Batterieen getriebenen, in Tischform hergestellt oder als Wandtableaus in oft recht gefälligen Formen (Fig. 39). Die Tableaus haben den Vorzug der Raumersparnis und der größeren Billigkeit, die Tische aber sind, weil sie größere Rheostaten enthalten können, zu feinerer Stromabstufung brauchbarer.

Transportable Apparate.

Transportable Apparate.

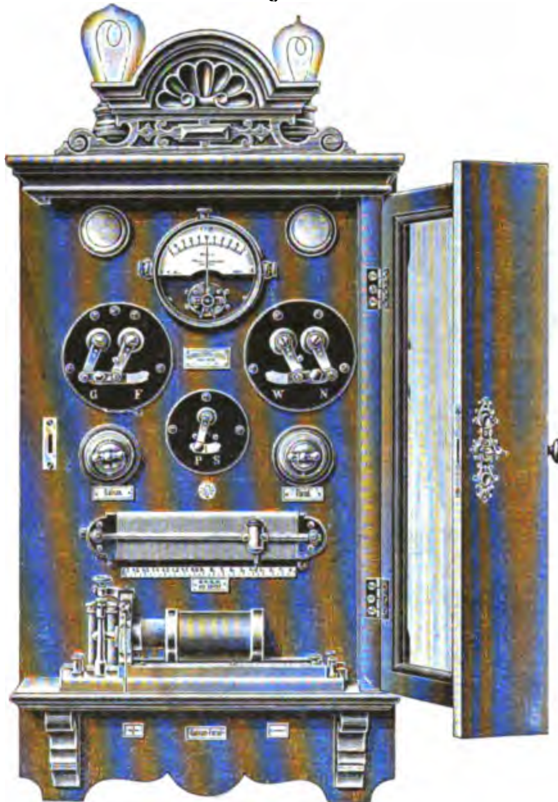
Für Behandlung außerhalb der ärztlichen Wohnung werden Apparate angefertigt, die transportiert werden können.

Die faradischen transportablen Apparate (z. B. Fig. 40) sind nach demselben Prinzip konstruiert wie die stationären; nur sind die Spiralen gewöhnlich kleiner. Die Spiralen und ein oder zwei treibende (z. B. Leclanché-)Elemente befinden sich in einem verschließbaren Holzkästchen. Durch Stöpselung oder durch Verschieben eines Kontakt-Hebels (von einem Kontakt R [Ruhe] nach einem Kontakt T [Tätigkeit] oder von Kontakt A [Ausschaltung] nach Kontakt E [Einschaltung]) wird der Apparat in Aktion gesetzt. Durch Herausziehen oder Hin-

*) Wechselstromanlagen sind nicht zu verwenden. Ein Transformator, der Wechselstrom in Gleichstrom verwandeln kann, ist sehr kostspielig. Vielleicht sind die an die Wasserleitung anschließbaren kleinen Turbinen-Dynamos der Firma Louis und H. Löwenstein, Berlin, berufen, da wo Wechselstromanlage besteht, oder da, wo überhaupt kein Anschluß an eine Zentrale möglich ist, als Ersatz für den Gleichstromanschluß zu dienen (Roth und Dessauer).

einschieben der sekundären Spirale oder des Eisenkerns (s. S. 14, Fußnote) wird der Strom verstärkt oder abgeschwächt. An vielen dieser transportablen Induktionsapparate ist auch die Möglichkeit gegeben, von besonderen, mit P bezeichneten, Polklemmen den primären Strom (Extrakurrent, s. S. 15) oder von PS beide zusammen abzuleiten. Die besondere praktische Bedeutung der primären Ströme ist gering. — Je kleiner diese Apparate sind, um so unexakter arbeiten sie häufig, und umsoweniger sind sie besonders für elektrische Unter-

Fig. 39.



Wandtableau für Anschluß (Reiniger, Gebbert und Schall).

suchung zu benutzen, da sie meistens nur starke, aber nicht die zur Diagnostik notwendigen schwachen Ströme liefern. Auch transportable Apparate mit Anschlußvorrichtung werden konstruiert.

Es gibt auch transportable Induktionsapparate, die nicht von Leclanché-, sondern von Tauchelementen (s. S. 131) getrieben werden. Letztere werden in Form von Flaschen benutzt, die mit einer Chromsäurelösung*) gefüllt sind, und in welche ein Zink- und ein Kohle-

*) In allen Apotheken und Drogenhandlungen wird eine passende Lösung als „Füllung für Induktionsapparate" vorrätig gehalten. Die gewöhnliche Zusammensetzung — sie variiert ein wenig — ist (nach Zacharias und Müsch): Kaliumbichromat 77,5 g, konzentrierte Schwefelsäure 78,5 ccm, Brunnenwasser 750,0 ccm.

stab eintauchen. Zum Speisen der faradischen (auch stationären) Apparate sind solche Chromsäure-Elemente sehr wohl brauchbar; nur muß jedesmal bald nach dem Gebrauch der Zinkstab herausgenommen werden. — Auch Trockenelemente können für transportable Induktions-Apparate verwendet werden (s. Fig. 40). Sie haben den Vorteil der sicheren Transportfähigkeit und einer großen Haltbarkeit. — Die Preise brauchbarer transportabler Apparate schwanken zwischen ca. 40—80 Mk. Die billigeren sind meist für Diagnostik und feinere Therapie nicht ausreichend.

Die transportablen galvanischen Apparate (z. B. Fig. 41) werden meist von Chromsäure-Tauch-Batterieen (s. S. 135) getrieben. In einem Holzkasten befindet sich ein trogförmiger Einsatz, der in zahlreiche (20—40—50) Fächer oder Zellen geteilt ist. Jede

Fig. 40.



Transportabler Induktionsapparat mit Trockenelementen
(Louis & H. Löwenstein).

dieser Zellen bildet ein Gefäßchen für sich, welches mit der Chromsäuremischung gefüllt wird. An der Decke des Apparatkastens hängen an Schrauben in das Innere des Kastens hinein paarweise angeordnete, ebenso zahlreiche (20—50) Zink- und Kohlestäbchen. Sie sind in Parallelreihen von je 10 angeordnet. Jedem Zink-Kohlepaar entspricht ein Metall-Kontakt an der Kastendecke. Durch eine an der Seite des Kastens angebrachte Hebelvorrichtung kann der trogförmige Einsatz mit den Flüssigkeitszellen soweit in die Höhe gehoben werden, daß die Stäbchen in die Flüssigkeit eintauchen; dann entsteht der galvanische Strom, der in gewöhnlicher Weise von zwei Polklemmen vermittelst isolierter Leitungsschnüre abgeleitet wird.

An dem Apparat befinden sich außerdem noch

1) ein kleiner Stromwender (s. S. 11),

Fig. 41.



2) ein kleines absolutes Galvanometer*), das von den meisten Firmen schon für einen recht geringen Preis, exakt arbeitend, hergestellt wird, und

Fig. 42.



Graphit-Rheostat.

3) oft auch ein kleiner Rheostat. Hierzu werden dann gewöhnlich nicht Metall-Rheostaten verwendet, sondern Graphit-Rheostaten (s. Fig. 42), bei deren Anschaffung man besonders zu prüfen hat, ob Rheostaten.

*) Die alten Apparate enthalten an dessen Stelle ein sogen. Galvanoskop, das nur anzeigt, ob Strom vorhanden ist oder nicht, aber ein Ablesen in absoluten Maßen nicht erlaubt.

bei Ein- und Ausschaltung der Graphitwiderstände eine schwankungslose, gleichmäßige Stromregulierung erfolgt, und nicht — wie in manchen minderwertigen Ausführungen — zwischen den großen Anfangs- und den kleinen Endwiderständen so schroffe Übergänge bestehen, daß unangenehme und den Nutzen des ganzen Instruments illusorisch machende Stromschwankungen eintreten. Eine noch einfachere Form stellen die Eulenburgschen Flüssigkeits-Rheostaten (s. Fig. 41, links bei Z) dar. Sie bestehen in einem mit Wasser gefüllten, zylindrischen Kästchen, in welchem mit Hilfe einer schraubenförmigen Vorrichtung die Einschaltung größerer oder geringerer Widerstände bewirkt wird.

Die Elemente werden entweder mittels eines ähnlichen Elementenzählers wie bei den stationären Apparaten (s. S. 4) eingeschaltet oder mittels einer schlittenartigen Vorrichtung (Schieberkollektor. s. Fig. 41), die, über die am Deckel angebrachten Kontakte gleitend, ein Element nach dem andern und eine Elementenreihe nach der andern zu benützen gestattet. (An den alten Apparaten befand sich an Stelle des Schlittens eine Vorrichtung zum Stöpseln: ein umständliches Verfahren erlaubte mit Hilfe dreier an einer gegabelten Leitungsschnur befindlichen Metallhülsen ein Weiterschreiten von Kontakt zu Kontakt.) Man muß bei diesen Apparaten ganz besonders daran denken, daß man bald nach dem Gebrauch den trogförmigen, die Flüssigkeit enthaltenden Einsatz durch Heruntersenken von den Metallstäben trennt. Denn wie schon oben gesagt wurde, ist in diesen Tauch-Elementen die Polarisation eine erhebliche und darum die Abnutzung eine sehr rasche. An manchen transportablen Batterieen erinnert eine seitlich am Kasten angebrachte Hemmung, die das Schließen des Apparatkastens hindert, an das Herunterlassen des Troges. Man muß übrigens bei allen diesen Apparaten nach mehrtägigem Gebrauch die Flüssigkeit und auch von Zeit zu Zeit die Zinkstäbe erneuern. — Beim Aufstellen des Apparats muß man auch vor der Benutzung noch darauf achten, daß die Galvanometernadel freischwingend bei Ruhestellung des Apparats genau auf den Nullpunkt zeigt. Sie zeigt bei Horizontalgalvanometern bekanntlich, wenn sie frei schwingt, annähernd nach Norden. Durch Drehen des Apparats oder des Galvanometers muß dies vor Beginn einer elektrischen Behandlung jedesmal reguliert werden. Bei erster Benutzung eines neuen Apparats empfiehlt es sich auch nachzuprüfen, ob die Bezeichnungen der Pole an den Polklemmen (+ und —) richtig sind. Man macht das am einfachsten in der Weise, daß man nach Einschaltung eines genügenden Stroms die Metallenden der beiden Leitungsschnüre in ein Wassergefäß hält: das Ende, an welchem Wasserstoffbläschen aufsteigen, ist der negative Pol. — Das gleiche Verfahren ist an Anschlußapparaten vor jedesmaligem Gebrauche immer dann einzuschlagen, wenn sie nicht dauernd in den Schaltkontakten befestigt sind.

Die Modifikationen dieser Art von Apparaten sind sehr zahlreich. An Stelle der Tauchbatterieen mit Chromsäure-Elementen fertigt man andere, z. B. aus Leclanché-Elementen, an. Sie eignen sich aber wegen

der Schwere, die der Apparat durch diese relativ großen Elemente erhält, etwas weniger für die Zwecke des Transports. Trocken-Elemente sind für galvanische Apparate infolge ihrer längeren Haltbarkeit wohl zu empfehlen; da jedoch bei Abnutzung eines Trockenelements das ganze Element durch ein neues ersetzt werden muß, resp. die Reparaturen sehr umständlich sind, so wird der Unterhaltungs-Preis der Batterie ein etwas höherer. —

Zur Not kann man für praktische Zwecke ohne einen Rheostaten bei transportablen Apparaten auskommen. Man muß dann allerdings gewisse Unannehmlichkeiten (z. B. bei der Kopf-Galvanisation) und gewisse Ungenauigkeiten (z. B. bei der Feststellung der Minimal-Zuckung) mit in Kauf nehmen. Bei der Kleinheit, Billigkeit und Zweckmäßigkeit der Graphit- und Flüssigkeits-Rheostaten wird man darum lieber nicht auf die Vorteile dieses Nebenapparates verzichten. Einen Apparat ohne absolutes Galvanometer darf sich heute, wo diese Instrumente in allen Preislagen hergestellt werden, niemand, der ernstlich Elektrotherapie oder -diagnostik treiben will, anschaffen. Man tappt vollständig im Dunkeln, wenn man nicht die jedesmal vorhandene Stromstärke kennt: das wird für den Leser dieses Leitfadens aus dem in den früheren Kapiteln Ausgeführten zur Genüge erhellen. Ein Galvanisieren ohne Galvanometer ist als Pfuscherei zu bezeichnen.

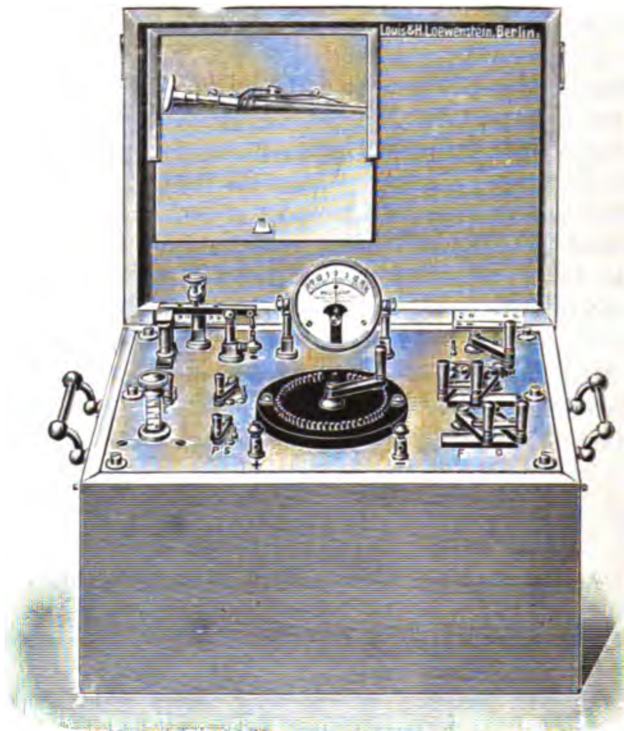
Der Preis eines mit kleinem Rheostaten und einem kleinen absoluten Galvanometer versehenen, transportablen galvanischen Apparates schwankt etwa zwischen 100 und 250 Mk. Ein Rheostat allein kostet etwa 25 Mk.; ein kleines Galvanometer allein ungefähr ebensoviel.

Es ist wohl nach dem Gesagten unnötig zu bemerken, daß die massenhaft in den Handel gebrachten Miniatur-Apparate zur Selbstgalvanisation, die (z. B. in Damenhüten angebracht) eine unauffällige fortwährende Kopf-„Autogalvanisation" ermöglichen sollen und dergl., wegen der Mangelhaftigkeit der Nebenapparate, der Inkonstanz der Elemente und vor allem wegen der Unkontrollierbarkeit aller maßgebenden Faktoren gänzlich unbrauchbar, wenn nicht schädlich sind. Sie wirken im besten Falle suggestiv.

Von den meisten Firmen werden auch transportable Apparate angefertigt, die in einem einzigen Kasten den faradischen und galvanischen Apparat vereinigen. Die Transportfähigkeit ist durch die unvermeidliche Erschwerung des Gewichts geringer und die Regulierbarkeit des Induktionsapparats wegen seiner notwendigen Kleinheit in der Regel eine etwas mangelhafte. Die Vorteile relativ guter Transportabilität, Haltbarkeit und Regulierfähigkeit scheint mir ein galvanofaradischer Apparat, den die Firma Louis & H. Löwenstein (Berlin) nach meiner Angabe angefertigt hat (Fig. 43), zu vereinigen. Er wird von Trockenelementen getrieben, deren Dauerhaftigkeit nach meiner Erfahrung eine recht große ist, enthält einen Metallrheostaten, ein absolutes Galvanometer und einen gut zu regulierenden Induktionsapparat mit leicht ablesbarer Skala.

Für denjenigen, der beide Ströme besitzen will, ohne einen großen stationären Apparat anzuschaffen, empfiehlt es sich auch, zwei transportable Apparate, einen konstanten und einen faradischen, zu wählen. Für einen in der Großstadt praktizierenden Arzt ist die Anschaffung leicht transportabler Apparate darum nicht so wichtig, weil die größeren Geschäfte für Wochen oder Monate leihweise Apparate in die Wohnungen der Patienten schicken. Für den Arzt in der kleinen Stadt oder auf dem Lande hingegen ist der Besitz

Fig. 43.



transportabler Apparate notwendig, notwendiger als der eines stationären Apparates. Mit zwei guten transportablen Apparaten kann man sowohl im eigenen Hause als außerhalb desselben vollkommen gut auskommen.

Wenn man die Bequemlichkeit des Stromwechslers (s. S. 5 u. 15), der an den großen stationären Apparaten gestattet, von einem Polklemmenpaar bald den faradischen, bald den galvanischen, bald beide Ströme zugleich abzuleiten, auch für zwei transportable Apparate verwerten will, so kann man das in höchst einfacher Weise erreichen: auf dem Tisch, auf dem die beiden Apparate stehen, läßt man zwischen den Apparaten einen kleinen Holzklotz mit der in elektromedizinischen Fabriken separat käuflichen de Watteville schen Wechselvorrichtung (Fig. 44) befestigen und ein paar über den Tisch geleitete Drahtver-

bindungen, die man sich selbst leicht herstellt, ermöglichen dann die Wechselung wie bei stationären Apparaten. Vor dem Transport werden diese Kontakt-Vorrichtungen abgeschraubt. — Die Galvanofaradisation (Behandlung mit dem kombinierten Strom) kann aber auch ohne Stromwechsler mit Hilfe zweier getrennter transportabler Apparate für galvanischen und faradischen Strom ausgeführt werden, wenn man einfach eine Polklemme des faradischen mit einer des galvanischen Apparats durch einen Draht verbindet und an den beiden freien Polklemmen die Leitungsschnüre mit den Elektroden befestigt.

Fig. 44.



Man kann sich auf diese Weise zu einem Preise von etwa 180—250 Mk. fast die sämtlichen Vorteile verschaffen, die ein stationärer Apparat bietet. Der Preis eines Apparates, der faradischen und galvanischen Strom in einem gemeinsamen Kasten vereinigt, beträgt ungefähr ebensoviel.

Elektroden.

Was die Anschaffung von Elektroden betrifft, so wird man gut tun, überzogene biegsame Platten verschiedener Größe (200 qcm, 100 qcm, 50 qcm, 30, 20, 10, 5, 3 qcm) bereit zu halten, außerdem einige Elektrodengriffe, darunter eine mit Unterbrecher-Vorrichtung, (s. S. 23) die für Untersuchungszwecke wenn nicht unentbehrlich, so doch sehr bequem ist. Eine bürsten- resp. pinselförmige Elektrode (s. S. 106) und eine Rolle zum Massieren (s. S. 110) sind ebenfalls empfehlenswert. Bequem ist es auch, wenn man eine Nackenelektrode (s. S. 50) hat. Für die lokale Behandlung mit anschwellenden faradischen Strömen (s. S. 109) wählt man eine unüberzogene knopfförmige Metallelektrode; die Erb sche Sensibilitäts-Untersuchungs-Elektrode ist S. 87 abgebildet. Die früher üblichen, mit Flanell oder Leder überzogenen Elektroden-Platten sind zu verwerfen, weil sie die Feuchtigkeit nicht genügend aufnehmen und festhalten. Die besten Überzüge sind die aus Leinwand mit untergelegtem Mooskissen. Man achte nur darauf, daß man diese Elektroden, besonders wenn sie neu sind, längere Zeit in Wasser hält, damit sie sich erst vollsaugen. Es genügt nicht, sie einmal hinein zu tauchen: sie müssen durchtränkt sein, wenn sie dem Strom nicht zu große Widerstände entgegensetzen sollen.

Anm. Für stabile Anwendung starker galvanischer Ströme (s. S. 104, Fußnote) sind neuerdings besondere Elektroden konstruiert worden, bei denen die Ätzwirkung des Stroms aufgehoben bezw. erheblich reduziert werden soll. Die Bergoniésche ist die ursprünglichste Ich selbst benutze gelegentlich die Elektroden von Luraschi (Mailand), die aus pergamentüberzogenen und mit Ton gepolsterten Kautschukplatten bestehen, biegsam sind und dauernd in $3^1/_2$ prozentiger Borsäurelösung gehalten werden. Beide Formen von Elektroden ermöglichen durch ihre Schmiegsamkeit den Gebrauch höherer Stärkegrade. — Die Elektroden von Frankenhäuser sind so konstruiert, daß die Elektrolyse, die durch den Strom bewirkt wird, sich in der Elektrode

selbst, nicht in der Haut des Patienten, abspielt: dadurch fällt jede Ätzwirkung fort. — Zur Verwendung starker galvanischer Ströme sind große und gut abstufbare Rheostaten erforderlich.

Daß auch jemand, der, wie viele Praktiker, nur im Besitze eines transportablen Induktionsapparates ist, mit diesem therapeutische Erfolge haben und wichtige diagnostische Fingerzeige erhalten kann, geht aus dem in den früheren Kapiteln Dargestellten hervor. Für die meisten Krankheitsgruppen und Einzelerkrankungen sind Methoden angegeben, die den faradischen Strom erfordern resp. im Notfalle für die galvanischen Verfahren eintreten können. — Und was die Diagnostik und Prognostik betrifft, so wird z. B. Erloschensein der faradischen Muskel- und Nervenerregbarkeit schwere Veränderungen vermuten lassen, während beispielsweise bei einseitigen peripherischen Affektionen ein normales, der gesunden Seite völlig gleiches Verhalten der Erregbarkeit (vorausgesetzt, daß die nötige Latenzzeit nach dem Beginn des Leidens verstrichen ist) mit größter Wahrscheinlichkeit eine leichte, prognostisch günstige Erkrankung ankündigt. Soviel ist sicher, daß selbst mit einem geringen Instrumentarium von jemandem, der die Methoden kennt, weit mehr erreicht werden kann, als von vielen Besitzern großer Instrumentarien de facto erreicht wird.

Betriebsstörungen an galvanischen und Induktions-Apparaten.

Jeder, der sich mit der praktischen Anwendung elektrischer Ströme beschäftigt, erlebt es gelegentlich, daß der Apparat vorübergehend den Dienst versagt. Besonders oft sind es ungeübte Elektrotherapeuten, die die unangenehme Entdeckung machen, daß „kein Strom" zu erhalten ist. Namentlich dann aber ist der Eintritt solcher Störungen peinlich, wenn der Patient vor dem Apparate sitzt und die Behandlung erwartet; man kann dann nicht mehr die Hilfe des Technikers in Anspruch nehmen, sondern muß, wenn irgend möglich, selber einen Ausweg aus der Verlegenheit finden. Dazu ist es nötig, die am häufigsten vorkommenden Störungen und die Mittel zu deren Abstellung zu kennen.*)

Störungen am galvanischen Apparat.

Beginnen wir mit dem galvanischen Apparat, so ist die erste Frage, die man sich vorzulegen hat, wenn keine Stromwirkung zu erzielen ist, d. h. wenn bei einer Untersuchung stärkste Ströme keine Muskelzuckung ergeben, wenn bei einer Behandlung der Patient keinen Strom fühlt und die Nadel des Galvanometers unbeweglich bleibt: sind die Elektroden feucht genug? Die Befeuchtung darf, wie in diesem Buche schon mehrfach betont worden ist, nicht in einem bloßen Eintauchen bestehen, da das zwischen der Metallplatte und der Leinwand-

*) Das neue Werk von Zacharias und Müsch (Konstruktion und Handhabung elektromedizinischer Apparate, Leipzig, A. Barth, 1905) enthält nützliche Hinweise auf unser Thema, ebenso der Katalog der Firma Reiniger, Gebbert und Schall. Dieses Kapitel war fast druckfertig, als mir diese Bücher zu Gesichte kamen, ich habe sie aber noch stellenweise benutzt.

kappe der Elektrode liegende Polster (Mooskissen oder dergl.) längere Zeit braucht, um die Flüssigkeit aufzusaugen. Neue Elektroden besonders müssen in warmes Wasser gelegt werden, bis sie aufquellen, und bis ein auf die Leinwandhülle ausgeübter Druck Wasser herauspreßt. Überhaupt ist warmes, eventuell salzhaltiges Wasser immer zur Elektrodenbefeuchtung vorzuziehen; nur im Notfalle und bei genügender Vorsicht genügt Wasser von Zimmertemperatur. — Ungenügende Befeuchtung ist eine der häufigsten, wenn nicht die häufigste Ursache für das Ausbleiben einer Stromwirkung. Namentlich ist das dann der Fall, wenn die Applikationsstelle starken Leitungswiderstand bietet, also z. B. am Daumenballen (überhaupt an der Handfläche) oder an behaarten Körperstellen. Wenn dazu kommt, daß der Strom, z. B. infolge von Batterieschwäche, an sich nicht sehr große Spannung hat, so ist ein Ausbleiben der Stromwirkung leicht erklärlich. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß man selbst bei kräftiger Batterie und sehr gut mit warmem Wasser durchtränkten Elektroden zur Überwindung des Leitungswiderstandes am Daumenballen und den anderen genannten Stellen sehr große Stromkraft braucht. Eine rasche Kontrolle an anderen Körperregionen, z. B. an der Vorderarm- oder Oberarmbeugeseite (nicht am Gesicht und am Halse aus leicht begreiflichen Gründen) oder einfach eine Prüfung durch Aneinanderlegen der Elektrodenplatten enthüllt sofort den Sitz der Störung.

Ist auch beim Aneinanderlegen der gut durchfeuchteten Elektrodenplatten kein Strom zu erhalten (Stillstand der Galvanometernadel), so ist die nächste Frage: sind die Elektrodenhalter und die Leitungsschnüre in Ordnung? Abgesehen von dem auch erfahrenen Elektrotherapeuten mitunter noch begegnenden Versehen des Liegenlassens einer Elektrode im Schubfache, kommen hauptsächlich in Betracht: a) Fehler am Unterbrecher der Mayerschen Elektrode: es ist ein Fremdkörper (Haar, Faden oder dergl.) in der Kontaktstelle des Bügels eingeklemmt (umgekehrt wird z. B. durch einen Wassertropfen an der Kontaktstelle die Stromöffnung verhindert, sodaß bei jeder Stellung des Unterbrechers der Strom geschlossen bleibt, s. auch oben S. 51); b) fehlende oder nicht hinreichend feste Verbindung der Leitungsschnur mit der Schraube, bezw. zu lose Verschraubung der Elektrodenplatte; c) Defektheit der Leitungsschnüre, die man besonders an übergroßer Biegsamkeit erkennt. Bemerkt man an diesen Teilen selbst keine schadhafte Stelle, so versuche man es doch zunächst mit frischen Elektroden und mit anderen Leitungsschnüren. Findet man am Ende der Leitungsschnur einen Defekt, so kann man die Enden abschneiden, bis man ein gutes Stück zurückbehält. Findet man nichts, so prüfe man jede Leitungsschnur gesondert, indem man sie an jedem ihrer beiden Enden mit je einer der beiden Polklemmen verschraubt und zusieht, ob die Galvanometernadel ausschlägt. Man untersuche aber einen galvanischen Apparat niemals in der Weise, daß man die Leitungsschnurenden in beide Hände nimmt, oder daß man die Leitungs-

schnüre abschraubt und nun mit zwei Fingern die Polklemmen berührt. Die Körperwiderstände sind in diesem Falle so groß, daß sie eine Stromleitung selbst bei hohen Stromstärken verhindern. Vor einem Berühren der Zunge mit den Drahtenden behufs Stromprüfung ist dringend zu warnen.

Ergibt sich trotz aller dieser Versuche noch immer keine Stromwirkung und bleibt auch die Galvanometernadel unbeweglich, so liegt die Störung im Apparate selbst. Und da hat man sich zunächst davon zu überzeugen, ob überall die Kontakte richtig stehen, mit anderen Worten: ob der Strom geschlossen ist. Es darf also, wenn es sich um eine transportable Tauchbatterie handelt, die Kurbel des Stromwenders nicht zwischen N und W auf dem Nullpunkte stehen; der Flüssigkeitstrog muß hochgehoben und mit den Metallen in Berührung sein; der Elementenzähler (Schlittenkollektor) muß eine genügende Anzahl Schleifkontakte passiert haben. Handelt es sich um einen stationären Batterie-Apparat, so ist außer der Stromwenderstellung noch zu beachten, daß 1) die Rheostatenkurbel nicht auf 0 steht, 2) der Elementenzähler (bei Anschlußapparaten Stromwähler, Voltregulator oder dergl.) eingeschaltet ist und 3) daß die Stromwechslerkurbel den richtigen Kontakt, nämlich den für den galvanischen oder den kombinierten Strom, berührt. Bei Anschlußapparaten ist — außer den gleichen Momenten — noch festzustellen, ob der Schaltkontakt, bei dessen Umdrehung die vorgeschaltete Lampe aufglüht, nicht vergessen ist: man sieht einfach nach, ob die Lampe brennt, und schraube sie fest, wenn das nicht der Fall ist.

Ist alles das bisher Erwähnte in Ordnung und schlägt die Galvanometernadel trotzdem nicht aus, so vergewissere man sich, ob auch keine motorischen und sensorischen Stromwirkungen (Muskelzuckungen, Brennen auf der Haut, Lichtblitze vor den Augen usw.) vorhanden sind. Sind sie da und die Nadel bleibt dabei unbeweglich, so liegt der Fehler am Meßapparat, am Galvanometer. Häufig kommt es vor, daß versehentlich der Multiplikator in den Stromkreis gebracht ist: dann ist der vorhandene Strom vielleicht nicht stark genug, um bei der höheren Multiplikator-Stellung einen genügend sichtbaren Nadelausschlag zu ergeben; die Ruhe der Nadel ist dann nur eine scheinbare, bei Ausschaltung des Multiplikators erfolgt prompt eine kräftige Exkursion. Ferner kann die Nadel fixiert sein — entweder versehentlich durch eine am Galvanometer angebrachte Hemmvorrichtung — oder durch falsche Stellung des Apparats: bei den noch vielfach, besonders an transportablen Batterieen zu findenden, Horizontal-Galvanometern kann die Nadel nur dann richtig schwingen, wenn das Meßinstrument genau horizontal steht und so gedreht ist, daß die Nadel auf den Nullpunkt zeigt, da sie bei diesen Apparaten vom Erdmagnetismus abhängig ist: man muß also an transportablen Apparaten dieser Art vor jedem Gebrauche erst die richtige Einstellung der Nadel vornehmen. Durch vielfaches Hin- und Herpendeln kann auch an größeren und modernen Galvanometern ein Herausheben der

Nadel aus ihrem Lager und eine Fixation erfolgen. Mitunter genügt ein leises Anschlagen an die Seitenwand des Galvanometers, um sie in die richtige Lage zu bringen. Wo das nicht der Fall ist, muß das Meßinstrument zur Reparatur. Das muß auch dann geschehen, wenn nach Ausschluß aller genannten Galvanometerstörungen durch den Nachweis des Vorhandenseins physiologischer Stromwirkungen konstatierbar ist, daß der Fehler im Inneren des Galvanometers liegt. (Bemerkt sei nebenbei, daß bei Anschlußapparaten älterer Konstruktion der Straßenstrom einen ablenkenden Einfluß auf die Galvanometernadel ausübt.)

Stehen bei nachweislicher Intaktheit der Elektroden und Leitungsschnüre alle Kontakte richtig, und erfolgt nicht nur kein Ausschlag der Galvanometernadel, sondern bleiben auch die physiologischen Stromwirkungen aus, so ist die Festigkeit aller sichtbaren Verbindungen zu prüfen. Man sehe also nach:

1) ob die Kurbeln oder Schlitten gut auf den Kontakten gleiten, d. h. ob kein Zwischenraum oder Fremdkörper zwischen Feder und Kontakt ist (am Stromwender, Elementenzähler, Rheostaten usw.);
2) ob alle Schrauben festgezogen sind, die die kleinen Nebenapparate am Hauptapparate fixieren.

Man ziehe eine lockere Schraube, wo man sie findet, fest an; bei Anschlußapparaten vergesse man die (schon oben erwähnte) Vorschalt-Lampe nicht.

Ist auch hier keine Störung zu finden, so kann der Fehler nur entweder in den nicht sichtbaren Verbindungen im Apparatinneren oder in der Stromquelle (Batterie oder zentralen Stromzuführung) liegen. Die Trennung von Verbindungen im Apparatinneren ist bei gutgearbeiteten Apparaten äußerst selten; nur nach absolutem Ausschluß aller übrigen Fehlerquellen würde man sich zur Annahme einer solchen Störung verstehen dürfen. Viel häufiger sind die Störungen von seiten der Stromquelle; an eine solche sollte man sofort denken, wenn man sich davon überzeugt hat, daß an den Elektroden, den Leitungsschnüren, den Kontakten, dem Galvanometer und den sichtbaren Verbindungen (Schrauben) kein Fehler nachweisbar und doch kein Strom vorhanden ist.

Bei den von Batterieen getriebenen — transportablen oder stationären — Apparaten sind die beiden häufigsten Störungen: das Austrocknen einzelner Elemente und die Lösung der Verbindungen zwischen zwei Nachbar-Elementen. Die bequemste und sicherste Methode zum Herausfinden schadhafter Stellen in der Batterie ist der Doppelkollektor von Reiniger, Gebbert und Schall (s. S. 134, Fig. 38). Wo dieser fehlt, kann man durch vorsichtiges Einschalten des Kurbelkollektors bezw. behutsames Vorschieben des Schieberkollektors den Sitz der Störung wenigstens annähernd bestimmen. Zur präzisen Bestimmung aber muß man die einzelnen Elemente durchmustern, indem man sie zunächst sämtlich herausnimmt und dann wieder sukzessive — eins

nach dem anderen eingeschaltet. Dann sieht man sofort, an welcher Stelle der Fehler liegt, und so kann man auch am leichtesten darauf achten, daß überall die Verbindungsdrähte zwischen den Elementen intakt und fest eingeschraubt sind; lose Schrauben sind anzuziehen. — Hat man das fehlerhafte Element herausgeholt, so überzeugt man sich, ob es genügend gefüllt ist; eventuell fülle man es, wenn man die notwendige Füllflüssigkeit bei der Hand hat, auf, oder man entferne es in eiligen Fällen vorläufig und verbinde die benachbarten an den freiwerdenden Drahtenden miteinander. — Ist die Füllung ausreichend, aber die Flüssigkeit verbraucht (was man bei Chromsäure-Elementen an der graugrünen, opaken Färbung erkennt), so muß sie gewechselt oder ebenfalls das Element vorderhand eliminiert werden. Dasselbe geschieht, wenn der Zinkstab durchgefressen ist, was durch langen Gebrauch oder durch zu starkes Hin- und Herbewegen eines Elementes (Kurzschluß) eintritt. Sind mehrere Elemente beschädigt oder handelt es sich um Trockenelemente, die schon lange in Gebrauch sind, so muß die Batterie zur Reparatur. — Seltenere Fehler sind Versehen in der Zusammensetzung der Füllflüssigkeit (Vergessen des Schwefelsäure-Zusatzes u. dergl.). — Elemente, die noch nicht ganz ausgetrocknet, aber dem Austrocknen nahe sind, liefern einen ungleichmäßig fließenden Strom; die Galvanometernadel macht ruckweise Ausschläge vom und zum Nullpunkt, und die Stromschwankungen machen sich physiologisch besonders unangenehm bemerkbar. Ähnliches tritt auch ein, wenn eine Schraube irgendwo sich lockert oder eine Leitungsschnur beschädigt ist, kurz — überall, wo der Stromschluß nicht ganz vollständig, aber auch nicht ganz gelöst ist.

Ist die defekte Stromquelle eine Zentralstation (Anschlußapparat), so zeigt zunächst die vorgeschaltete Glühlampe an, ob Strom vorhanden ist. Glüht sie nach Einschaltung des Schaltkontaktes (das darf natürlich nicht vergessen sein) nicht auf, trotzdem man sich überzeugt hat, daß sie festgeschraubt ist, dann sehe man nach, ob 1) die Zentralschaltung (Haupthahn) offen ist und ob nicht 2) eine Bleisicherung durchgebrannt ist. (Daß die Zentrale selbst stromlos ist, dürfte sich wohl nur selten ereignen und dann leicht zu erkennen sein.) — Ist der Anschlußapparat sowohl für galvanischen als für faradischen Strom eingerichtet, so erkennt man an dem guten Funktionieren des nicht geprüften Apparates (also z. B. am Geräusch des Induktionsapparates), daß der Fehler außerhalb des Apparates — in der gemeinschaftlichen Zuleitung — nicht liegen kann. — Eine durchgebrannte Bleisicherung — sei es eine vor einem Schalter oder vor einem Steckkontakt befindliche — ersetzt man durch eine neue. Brennt die Lampe dann trotzdem nicht, so ersetzt man auch sie.

Wenn trotz Intaktheit der Elektroden, Festigkeit aller sichtbaren Verbindungen, richtigen Funktionierens der Kontakte und Unversehrtheit des Meßapparates kein Strom zu erhalten und auch in der Stromquelle die Störung nicht zu finden ist, so kann (sowohl bei Batterie- als bei Anschlußbetrieb) der Fehler im Rheostaten liegen. Ist er

verdächtig, dann schraubt man ihn ab und ersetzt ihn durch einen zwischen die Schrauben geklemmten Kupferdraht. Funktioniert dann der Apparat, so muß der Rheostat zur Reparatur.

In den sehr seltenen Fällen, in denen selbst nach allen diesen Nachforschungen eine Störungsursache nicht zu ermitteln ist und die Stromwirkung trotzdem ausbleibt, liegt der Fehler in den nicht sichtbaren Leitungen zwischen den einzelnen Apparatteilen. Diese in Stand zu setzen, wird für gewöhnlich Sache des Mechanikers bleiben müssen. Im Notfalle (auf dem Lande z. B.) kann man, wenn man ein sogen. Schaltungsschema seines Apparates besitzt, auch dann einen Reparaturversuch machen. Ein Arzt auf dem Lande oder in der kleinen Stadt tut darum gut, sich bei Anschaffung eines Apparates ein solches Schema vom Fabrikanten mitgeben zu lassen (s. Fig. 9 auf S. 11 und Fig. 12 auf S. 16). Die Fehler in den nicht sichtbaren Leitungen sind jedoch bei gut gearbeiteten Apparaten — wie schon gesagt — äußerst selten.

Störungen am Induktions-Apparat.

Bezüglich der Betriebsstörungen in einem Induktionsapparate ist folgendes zu bemerken. Hat man an einem transportablen Apparate das Element entweder durch Einschrauben bezw. Heruntersenken des Zinkstabes geschlossen (Tauchelement) oder — bei fertigem Element (Leclanché, Trockenelement) — die Einschaltung vorgenommen, und tritt der Wagnersche Hammer nicht in Aktion, wie aus dem Ausbleiben des klappernden Geräusches hervorgeht, so klopfe man mit der Fingerkuppe ein paar mal leicht auf den Anker des Hammers: das genügt meist, um den Apparat in Gang zu setzen. Nur achte man darauf, daß bei aufsitzenden Elektroden der Rollenabstand ein genügend großer ist, da sonst plötzlich der Körper von einem starken Strom getroffen werden kann. Genügt das nicht, um den Apparat in Gang zu bringen, so sehe man nach, ob nicht der Anker von dem kleinen Elektromagneten, über dem er schwebt, festgehalten und dadurch am Schwingen verhindert wird. Wenn das der Fall ist, löse man behutsam die Verbindung. Schwingt er dennoch nicht, so kann man — aber nur mit größter Vorsicht — die über dem Anker stehende Schraube nach einer der beiden Richtungen zu drehen versuchen, wobei man gleichzeitig mit einer Fingerkuppe der anderen Hand von Zeit zu Zeit den Anker leicht anstößt. Alle irgendwie stärkeren Drehversuche sind jedoch unter keiner Bedingung gestattet: sie schädigen den kleinen, peniblen Apparat in grober Weise. — Auch ein vorsichtiges Festziehen der Feder des Hammers mittels einer an ihrem unteren Ende befindlichen Schraube kann oft die Störung beseitigen; aber auch hier ist größte Vorsicht zu empfehlen.

Bleibt trotz alledem der Hammer in Ruhe, dann ist nachzuprüfen, ob nicht die Platinspitze der Schraube oder die Platinplatte oxydiert (schwarz geworden) sind. Man kann versuchen, sie vorsichtig mit einem kleinen Messer oder mit Schmirgelpapier abzukratzen. Wenn das nicht gelingt, muß der Apparat zur Reparatur.

Zeigt der Hammer an diesen Teilen keine Defekte und gerät trotzdem nicht in Aktion, so liegt die Ursache des Versagens in der Stromquelle (den Elementen) oder den inneren Leitungen, bezw. der Rollenwicklung. Wiederum gilt hier das oben für den galvanischen Apparat Gesagte: die letztgenannten Teile sind nur in äußerst seltenen Fällen Sitz der Störung. Wie die Elemente geprüft werden, ist bereits erörtert worden. —

Ist der Hammer in Aktion (Klappern des Apparates) und trotzdem kein Strom zu erhalten, so überzeuge man sich — wie beim galvanischen Apparat — zunächst von der Intaktheit der Elektroden (so ausgiebige Befeuchtung wie beim konstanten Strom ist freilich beim Induktionsstrom nicht nötig), von der Unversehrtheit der Leitungsschnüre sowie von der Festigkeit der Verschraubungen. Dazu kommt, wenn es sich um einen kombinierten Apparat für beide Ströme handelt, die Untersuchung der richtigen Stellung der Kontakte (Stromwechsler, Rheostat, Stromwender), und wenn es ein Anschlußapparat ist, die Untersuchung der Glühlampe, der Bleisicherungen und der Schaltkontakte. Alles das ist oben schon besprochen worden, und es kann hier darauf verwiesen werden. Auch hier kann natürlich ein schadhafter Rheostat — wenn er in den Stromkreis der sekundären Spirale eingeschaltet ist — den Strom unterbrechen, was wiederum durch Ersatz des Rheostaten mittels eines Kupferdrahtes eruiert wird (s. oben). —

10. Kapitel.

III. Über Franklinisation.

Die statische Elektrizität.

Unter Franklinisation versteht man die (diagnostische und) therapeutische Anwendung der (Franklinschen) ruhenden, statischen oder Spannungs-Elektrizität. Das ist diejenige Erscheinungs-Form der Elektrizität, welche durch Reibung gewisser Körper entsteht, und welche die Neigung hat, sich an der Oberfläche der sogenannten Elektrizitätsleiter (z. B. der Metalle) auszubreiten, um dort gleichsam „ruhend“ — in „Spannung“ zu verharren. Sie breitet sich namentlich nach den Enden dieser Körper aus, und dort ist daher die Spannung größer als in der Mitte; an Spitzen ist sie am größten. Hat sie eine gewisse Höhe überschritten, so verläßt die gespannte Elektrizität den Körper, und zwar in der Regel mit einem Funken, welcher nichtleitende Körper, z. B. die Luft, durchdringt und wieder nach einer Spitze bezw. einem Leiter hinstrebt (Entladung).

Man unterscheidet zwei Arten (Qualitäten) dieser Elektrizität: positive (Glas-) Elektrizität und negative (Harz-) Elektrizität. Nicht-elektrische Körper sind solche, in denen tatsächlich beide Formen der Elektrizität in inniger Verbindung — gewissermaßen zu gleichen Teilen gemischt — vorhanden („gebunden“) sind.

Durch Berührung mit elektrischen Körpern können die sogen. nichtelektrischen Körper elektrisch werden (elektrische Mitteilung): sie nehmen dann diejenige Elektrizitäts-Art (positive oder negative) an, die der berührende Körper hat, und leiten sie über ihre Oberfläche fort. —

Aber elektrische Körper üben auch eine Fernwirkung (Induktion) auf nichtelektrische aus: in letzteren entsteht nämlich durch bloße Annäherung elektrischer Körper (ohne Berührung) eine Spaltung der in ihnen vorhandenen Elektrizitäts-Arten (elektrische Influenz) in der Weise, daß sich die eine Elektrizitäts-Art an dem einen Ende des nichtelektrischen Körpers, die andere am andern Köiperende ansammelt (Polarisation des Körpers). Ist z. B. jener erste elektrische Körper positiv elektrisch, so sammelt sich an dem ihm zugewandten Ende des genäherten unelektrischen Körpers negative Elektrizität an, am abgewandten Ende positive (und vice versa). Die letztere (d. h. die Elektrizität des abgewandten Endes) kann man durch Berührung mit einem Elektrizitätsleiter (Berührung mit dem menschlichen Körper, z. B. Finger, oder durch sonstige Verbindung zur Erde) ableiten. Wenn man das tut, verbreitet sich die übrigbleibende (z. B. negative) Elektrizität über den ganzen zweiten Körper.*) Dieser zweite Körper aber „bindet“ jetzt wieder — rückwirkend — einen Teil der Elektrizität des ersten, und nun kann dieser erste wieder neue Elektrizität aufnehmen u. s. f. Das ist das Prinzip der Kondensatoren: sie dienen zur Vervielfältigung (Potenzierung) vorhandener geringer Elektrizitätsmengen. Ein solcher Kondensator ist z. B. die Leydner Flasche oder die Franklinsche Tafel — eine isolierende Glasplatte, an deren beiden Seiten sich je ein Metall-(Stanniol-)Belag befindet.

Die Influenz-Maschine.

Auf diesem Grundsatz der Potenzierung basieren die zu ärztlichen Zwecken angewandten Influenz-Maschinen. Eine solche, nämlich die in Berlin vielfach eingeführte, von Eulenburg nach dem Holtzschen Apparat modifizierte und von Hirschmann konstruierte Maschine ist in Fig. 45 abgebildet. Andere bevorzugen die Wimshurstschen Maschinen, die von verschiedenen Firmen hergestellt werden. Die Leistungsfähigkeit der Maschinen wächst mit der Größe und Zahl der Platten. (Die großen Apparate mit 6 Plattenpaaren können selbst als Stromquelle zum Röntgen-Verfahren verwendet werden.)

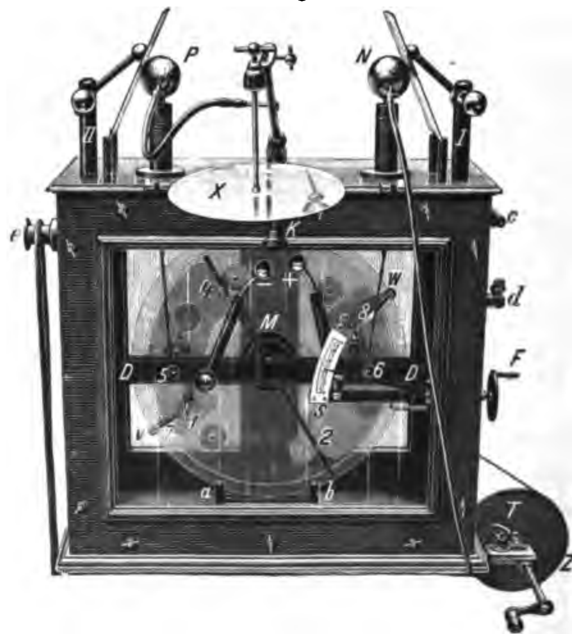
Die in einem Glaskasten (zum Schutze gegen Luftfeuchtigkeit oder Staub) eingeschlossene Influenzmaschine enthält zwei auf der Kante parallel stehende Glasscheiben, von denen die eine (hintere) feststeht, die andere (vordere) durch Umdrehung des Rades bei Z rotierbar**) ist. An einer quer durch den Kasten ziehenden, fest-

*) Will man in einem elektrischen Körper die vorhandene Elektrizität erhalten, also z. B. ihn davor hüten, daß er Elektrizität an die — leitende — Erde abgibt, so „isoliert“ man ihn: man trennt ihn von der Umgebung durch einen Nichtleiter, z. B. Glas, Harz, Hartgummi. Auch Luft ist ein Isolator.

**) Die Rotation geschieht mit der Hand oder einem angesetzten Motor.

sitzenden Hartgummileiste (Querstab DD) sind die meisten übrigen für die Benutzung der Maschine wichtigen Teile befestigt. Bei 1 und 3 befinden sich, diagonal gegenüberstehend, zwei kleine Drahtpinsel (zwei ebensolche stehen in einem darauf senkrechten Kreisdurchmesser bei 2 und 4, an einem nicht bezeichneten, isolierten Metallstab [Entlader]). Auf der rotierenden Scheibe sitzen kreisförmig angeordnet in gleichen Abständen 6 vorstehende Metallknöpfchen auf kleinen Stanniolplättchen. Wird die rotierende Scheibe jetzt in Bewegung gesetzt, so streifen die Pinsel die Metallknöpfchen und erzeugen durch diese Reibung geringe Mengen von Elektrizität. Nun sind die Pinsel 1 und 3 durch je einen Metallbügel (7 und 8 in der Fig.) mit der hinteren, feststehenden Glasscheibe leitend verbunden. Sobald also

Fig. 45.



jetzt z. B. bei 1 durch die Pinsel-Reibung eine Spur Elektrizität entsteht, wird sie von dem Metallbügel 7 aufgenommen und zu dem an der feststehenden Scheibe befindlichen Metallplättchen V geführt. Von dort verbreitet sie sich (mittels einer Stanniolplatte) über einen an der hinteren Scheibe links befindlichen Papierbelag, der daselbst, den stumpfen Teil eines Kreisquadranten einnehmend, befestigt ist. Durch weiteres Rotieren der Scheibe kommt der Pinsel 1 allmählich mit allen Metallknöpfchen in reibende Berührung, nimmt durch diese Reibung immer mehr Elektrizität auf und gibt sie auf dem geschilderten Wege an die Papierbelegung der hinteren Scheibe ab, wo sie gleichsam angesammelt wird: die Papierbelegung wird mit einer bestimmten Elektrizitäts-Art, z. B. positiver Elektrizität, geladen. Ein ganz ähnlicher Vorgang spielt sich an der diametral gegenüberliegen-

den Seite der Glasplatte am Pinsel 3 ab, wobei wiederum mittels eines Bügels (8 in der Fig.) ein Papierbelag der hinteren Scheibe geladen wird, dort aber mit der entgegensetzten, also z. B. der negativen Elektrizität. —

Nun befinden sich (in der Fig. hinter 5 und 6 unsichtbar) an der Querleiste Saugkämme, rechts und links je einer, welche die von der hintenstehenden Scheibe aufgenommenen Elektrizitäts-Qualitäten, der eine die positive, der andere die negative, aufsaugen und ableiten; je mehr aber die Kämme ableiten, um so höher gespannte entgegengesetzte Elektrizitätsarten sammeln sich durch Influenz in den beiden mit den Kämmen in Verbindung stehenden, an Hebeln befindlichen Metallkugeln, die oben, etwa in der Mittellinie der Fig. im Kasten, sichtbar und mit + und — bezeichnet sind, an. Diese Metall-Kugeln (Konduktor-Kugeln) können nun einander genähert und von einander entfernt werden (das geschieht mittels der Kurbel F rechts an der Kastenseite). Wenn sie sich berühren, so gleichen sich auf dem Wege durch sie die beiden Elektrizitätsarten mit einander aus; werden sie ein wenig von einander entfernt, so geschieht das Ausgleichen mittels eines zwischen ihnen überspringenden Funkens. Sind sie aber genügend weit von einander entfernt, so können sie sich nicht entladen, und nun werden die beiden rechts und links an den Kämmen angesammelten verschiedenen Elektrizitäts-Arten durch die bei 5 und 6 angebrachte Metallverbindung durch den Kasten-Deckel bis zu den Kugeln P und N geleitet, die + Elektrizität zur einen, die — Elektrizität zur andern.

Mittels der bei P und N eingeführten Leitungskabel und angefügter Elektroden kann jede der beiden Elektrizitäten zum menschlichen Körper geleitet werden. Zu diesem Zwecke muß man also die Konduktor-Kugeln + und — soweit (ca. 5–8 cm) mittels der Schraube F von einander entfernen, daß kein Funke zwischen ihnen überspringen kann. Während dann der eine Pol zum Körper geführt wird, wird der andere mit der Erde verbunden oder zu einer unter den Füßen der Versuchsperson liegenden isolierenden Hartgummischeibe geleitet: dadurch gelingt es, dem Körper eine bestimmte Elektrizitäts-Art — positive oder negative — zuzuführen. —

Da die Maschinen nach längerem Arbeiten sich nicht stets in derselben Richtung laden, so ist es nötig, jedesmal vor der Benutzung zu bestimmen, welcher Pol der +, welcher der — Pol ist. Das erkennt man am besten, wenn man die Konduktorkugeln $1^1/_2$ bis 2 cm von einander entfernt und den Funken überspringen läßt: dieser zeigt am + Pol eine hellglänzende leuchtende Strecke, am — Pol nur einen kleinen leuchtenden Punkt*).

Aber es existiert noch eine zweite Möglichkeit, die von der Maschine gelieferte Elektrizität abzuleiten, welche benutzt wird, wenn

*) Der in der Fig. 45 nicht bezeichnete isolierte quere Metallstab (Entlader), der ebenfalls an beiden Enden zwei Pinsel und zwei Saugkämme trägt, dient dazu, während der Dauer einer Sitzung das „Umspringen der Pole“ zu verhindern. Näheres darüber zu sagen, kann hier unterbleiben.

es sich um die Erzielung stärker gespannter Ströme handelt (Mortonsche oder statische Induktionsströme): Oben über dem Kastendeckel stehen zwei Franklinsche Tafeln (s. oben S. 149), die durch Auflegen zweier beweglicher stangenförmiger Konduktoren bei I und II in den Stromkreis eingeschaltet werden können. Werden jetzt die Leitungskabel, statt bei P und N, an den Kontakten I und II angesetzt und mit dem menschlichen Körper verbunden, so geht der Strom durch beide Metall-Belegungen der Franklinschen Tafeln: nun haben aber nach den Gesetzen der Influenz die beiden Beläge je einer Tafel zwei verschiedene Qualitäten von Elektrizität; und so werden bei dieser Anordnung sich die Elektrizitäten der inneren Beläge für sich und die der äußeren für sich ausgleichen können. Das Ausgleichen der inneren Beläge geschieht innerhalb des Kastens auf dem Wege durch die mit + und — bezeichneten Konduktorkugeln, das der äußeren Beläge durch den menschlichen Körper: je weiter die inneren Kugeln auseinanderstehen, und eine je kräftigere Funken-Entladung zwischen ihnen stattfindet, eine um so kräftigere Entladung wird auch im Körper (der die äußeren Tafelbeläge verbindet) erfolgen. Bei Einschaltung der Tafeln ist das Verhältnis also umgekehrt wie bei der direkten Benutzung der Apparat-Elektrizität; mit der Größe der Entfernung der Konduktorkugeln wächst die Stärke der Entladung im Körper. An der Skala S kann man den Kugel-Abstand und die „Schlagweite“ des Funkens ablesen. Damit hat man einen Maßstab für die Stärke der Körper-Entladung.

Die therapeutische Benutzung.

Zu therapeutischen Zwecken kann man die Franklinsche Elektrizität entweder in der Weise verwenden, daß man von den Kontakten P und N direkt den Maschinenstrom ableitet, oder in der Weise, daß man — wie oben gesagt — nach Einschaltung der Franklinschen Tafeln die Ableitung von den Kontakten I und II vornimmt.

Die hauptsächlich benutzten Elektroden haben drei Formen: die der Kopfplatte (s. Fig. 45 bei x), die einer Spitze oder eines mit Spitzen besetzten Kranzes — Kranzelektrode — und die eines Metallknopfes — Knopfelektrode.

Man hat folgende Applikations-Methoden empfohlen:

Spitzen-Ausstrahlung.

1) Spitzen-Ausstrahlung (Ableitung bei P und N): der positive Pol wird zu dem mit dem Spitzen- oder Kranzansatz armierten Elektrodengriff geleitet, während der negative Pol zum Erdboden oder zu einer isolierenden Hartgummifußplatte geleitet wird. Die Elektrode soll dem Körper nicht mehr als bis höchstens 2 cm genähert werden. Es genügt auch Entfernung von 5—10 cm. Die Konduktor-Kugeln müssen bei dieser Art Applikation so weit (ca. 5—8 cm) voneinander entfernt sein, daß zwischen ihnen keine Entladung stattfinden kann. — Bei dieser Behandlungsmethode entstehen an den Spitzen Lichtbüschel und Ozon-Entwicklung. An der berührten Hautstelle empfindet man einen angenehmen Hauch. Hauptsächlich wird das Verfahren gegen Parästhesieen aller Art, gegen vasomotorisch-trophische

Störungen und gegen Neuralgieen empfohlen (z. B. gegen Trigeminus-Neuralgie). Auch bei Obstipation wird es angewandt.

2) Die Kopfdouche (auch statische Douche genannt): Auch hier ist die Ableitung von P und N vorzunehmen und bezüglich der Konduktor-Kugeln das eben Gesagte zu beachten. Mittels eines kurzen Kabels wird der negative Pol zur Kopfplatte x geleitet, der positive zur Erde oder zur Isolierplatte. Durch die Schraube K (Fig. 45) ist die Platte so verschiebbar, daß sie dem Kopfe mehr oder weniger genähert werden oder auch gewissen Teilen des Kopfes speziell adaptiert werden kann. Die Näherung darf nicht größer sein als höchstens 5 cm. Je näher die Platte steht, um so intensiver ist die Wirkung: durch Isolation des Körpers mit der Fußplatte kann sie verstärkt werden. Die Dauer der Einwirkung beträgt etwa 5 bis 15 Minuten. Auch hier tritt das Gefühl eines angenehmen Hauches ein, sowie Emporsträuben der Haare. — Kopfdouche.

Die Methode ist mit Erfolg gegen funktionellen Kopfschmerz und Migräne (namentlich die spastische Form) angewendet worden und stellt vielleicht die beste Form der elektrischen Migränebehandlung dar.

3) Das statische Luftbad: Bei gleicher Ableitung und gleichem Konduktorkugelstand wie bei 1) und 2) wird der Körper auf die isolierende Fußplatte gestellt oder auf einen Isolierstuhl gesetzt und die Platte resp. der Stuhl mit dem positiven Pol verbunden, während der negative zur Erde abgeleitet wird. So bleibt der Patient, während die Maschine in Tätigkeit tritt, ca. 10 Minuten lang. Man achte aber darauf, daß er nicht einen leitenden Körper berührt, damit er nicht einen unerwarteten elektrischen Schlag erhält. Es besteht entweder gar keine Empfindung oder eine unbestimmte, der oben genannten ähnliche. Statisches Luftbad.

Bei dieser Applikation, sowie bei allen übrigen, kann der Patient bekleidet bleiben.

Die Methode wird bei funktionellen Neurosen zur Beruhigung, zur Erzielung von Schlaf usw. verwendet.*) —

4) Der Funkenstrom wird in doppelter Weise appliziert: Funkenstrom.

a) bei gleicher Anordnung wie in den oben besprochenen Fällen, also bei Ableitung von P und N (mit voneinander entfernten Konduktor-Kugeln): einer der beiden Pole wird dann zur Fußplatte geführt, während der andere, meistens der positive, mit der Knopfelektrode bewaffnet, dem Körper genähert wird. Schon bei großem Abstand der Elektroden vom Körper (10—30 cm) springen mit Knall durch die Kleider hindurch Funken über, die durch Bewegen der Elektrode auf einzelne Punkte (z. B. Muskelpunkte) isoliert werden können. —

---

*) Eine andere Methode zur allgemeinen Franklinisation empfiehlt unter dem Namen „konzentrische Franklinisation" neuerdings Breitung — allerdings unter höchst anfechtbarer theoretischer Begründung —: eine Art Käfig („Pavillon"), ähnlich dem später zu beschreibenden Arsonvalschen, bestehend aus Ebonitstäben, zwischen denen Metallleisten laufen, nimmt den Patienten auf; den Metallleisten entströmt der „statische Wind".

Das Verfahren, das stark hautreizend und -rötend wirkt, kann gegen Anästhesieen, Neuralgieen, Muskel- und Gelenkerkrankungen, sowie gegen funktionelle Beschwerden aller Art versucht werden. Auch gegen Lähmungen und Atrophieen ist es empfohlen worden.

b) Die Anordnung ist die der Mortonschen Induktion (s. oben S 152): die Franklinschen Tafeln werden eingeschaltet, die Ableitung erfolgt von I und II, die Konduktor-Kugeln werden zusammengelegt und so die äußere Belegung der einen Tafel, z. B. bei I, zu dem mit einer trockenen oder feuchten Knopf-Elektrode armierten Handgriff, die der anderen Tafel zur Erde geführt. — Die Elektrode wird auf die lokalisiert zu treffende Stelle des Körpers, z. B. auf einen Muskelpunkt, aufgesetzt. Jetzt werden langsam und allmählich durch Drehen bei F die Konduktor-Kugeln entfernt: dabei treten zwischen ihnen Entladungen auf, denen gleichstarke (sogen. „dunkle") Entladungen im Körper entsprechen. Schon bei Kugelabstand von 5—10 mm treten normaliter Zuckungen ein, die durch weitere Vergrößerung des Abstandes immer mehr verstärkt werden können. Abstände über 3—4 cm sind im allgemeinen nicht zu verwenden.

Diese Methode wird zur Behandlung von Lähmungen (oder Gelenkerkrankungen) gelegentlich angewendet. Die damit gemachten elektrodiagnostischen Versuche haben trotz einzelner interessanter Beobachtungen (Franklinsche Zuckungsträgheit bei blitzartiger galvanischer und faradischer Kontraktion u. dgl.) bisher keine praktische Bedeutung erlangt (s. aber Anhang: Kondensatorentladungen nach Zanietowski).

11. Kapitel.

IV. Über Teslaïsation (oder Arsonvalisation).

(Anwendung hochgespannter Wechselströme nach Tesla-d'Arsonval).

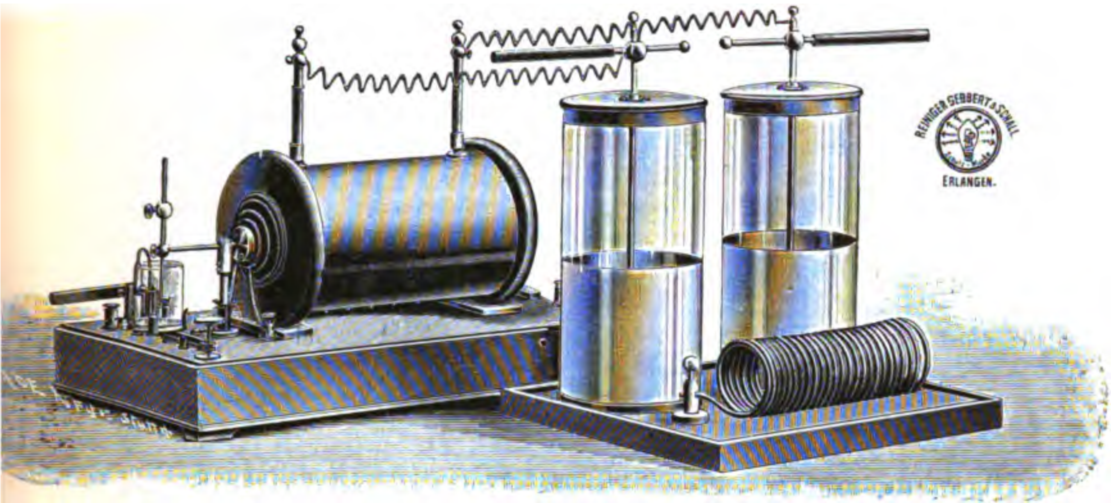
Der kroatische Ingenieur Nicola Tesla macht bekanntlich seit einer Reihe von Jahren Versuche, zu technischen Zwecken Ströme zu verwenden, die von allen bisher gekannten Stromarten sich durch ihre ungeheure Kraft unterscheiden (Tesla-Ströme). Etwa gleichzeitig mit ihm — und anscheinend gänzlich unabhängig — hat d'Arsonval die Wirkung solcher Ströme von außerordentlich hoher Spannung auf den tierischen und menschlichen Körper zum Gegenstande eingehenden Studiums gemacht.

Prinzip des Hochfrequenzstromes.

Man erhält diese „hochgespannten Ströme" dadurch, daß man vermittelst gewisser Vorrichtungen gleichgerichtete Ströme relativ niedriger Spannung (z. B. die Dynamo-Gleichströme der städtischen Beleuchtung) in Wechselströme von äußerst rascher Wechselfrequenz verwandelt, und zwar in folgender Weise:

Man leitet den Strom der Beleuchtungsanlage oder einer kräftigen Akkumulator-Batterie, ehe man ihn zum Körper führt, durch ein großes, mittels Kondensatoren (Franklin-Tafeln) verstärktes Induktorium, einen

Fig. 46.



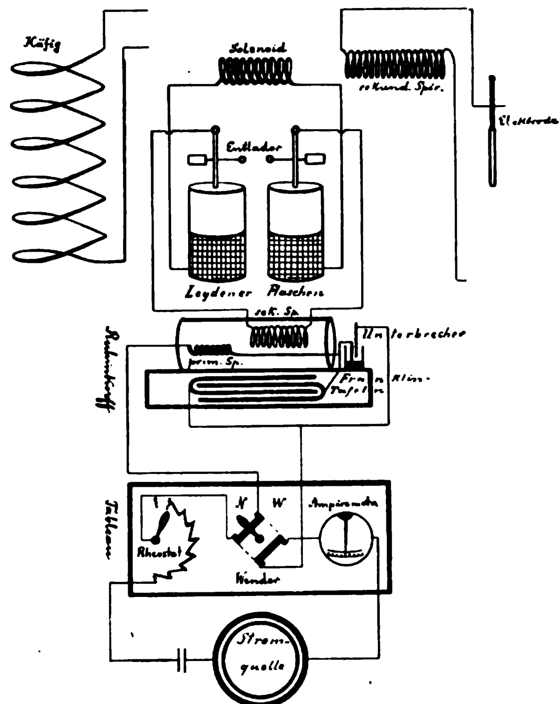
Apparat für Teslaströme (Ruhmkorffscher Induktor, Leydner Flaschen und Solenoid) von der Firma Reiniger, Gebbert und Schall.

Fig. 47.



Großes Solenoid (Käfig) zur allgemeinen Teslaïsation.

Fig. 48.



Schema des Stromverlaufs in einem Apparat für Hochfrequenzströme.

sogen. **Ruhmkorff**schen Funken-Induktor, der durch enorme Vermehrung der Windungen und sehr häufige (von einem Quecksilberunterbrecher hervorgebrachte) Unterbrechungen stark genug gemacht wird, um gegebenenfalls Funken von ca. 25—50 cm (und mehr) Schlagweite zu erzeugen. Setzt man den Ruhmkorff, indem man seinen Quecksilberunterbrecher in Gang bringt, in Tätigkeit, so erhält man bei Ableitung von seiner sekundären Spirale bereits einen Strom, dessen elektromotorische Kraft (Spannung) sehr groß ist, beträchtlich größer als die ursprüngliche, und zwar hauptsächlich infolge des häufigen Richtungswechsels im Induktorium.

Diesen starkgespannten Wechselstrom führt man jetzt zu zwei Leydner Flaschen: solange das Induktorium in Tätigkeit ist, springen dann zwischen den Entladern dieser Flaschen fortwährend Funken über, deren Stärke und Länge mit der Kraft des Ruhmkorff-Apparates wächst. Diese Funken aber sind nachgewiesenermaßen nicht einheitliche Leuchtstrecken, sondern bestehen aus zahllosen, äußerst raschen, unsichtbaren Oszillationen. Verbindet man nun die äußeren Belegungen der Leydner Flaschen mit einem Solenoïd (einer kurzen Spirale aus dickem Kupferdraht), so entsteht in diesem letzteren ein Strom von ebenso zahlreichen Unterbrechungen, als jener überspringende Funke Oszillationen macht: denn jede der in der Sekunde erfolgenden Hunderttausende von Oszillationen bedeutet eine Unterbrechung für den im Solenoïd kreisenden Strom. Dementsprechend steigt denn auch die Stromspannung im Solenoïd bis auf 100 000, ja bis 1 Million Volts.

Diesen Strom kann man vom Solenoïd selbst oder einer ihm beigefügten sekundären Spirale auf den Körper ableiten. — Er ist so stark, daß er — durch bloße Strahlung durch die Luft — eine unverbunden in größerer Entfernung gehaltene Glühlampe zum Aufglühen bringt (Tesla-Licht).

Instrumentarium.

In Fig. 46 u. 47 ist einer der für Anwendung der „Hochfrequenzströme“ konstruierten Apparate, der von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall hergestellte (unter Weglassung des Tableaus und der Stromquelle) abgebildet. Das Schema, Fig. 48, wird das Verständnis des Stromverlaufs in einem solchen Apparate erleichtern:

Von einer Stromquelle (Beleuchtungsanlage oder Akkumulatorbatterie) gehen durch ein Wand-Tableau hindurch Verbindungen zum Ruhmkorff. Das Tableau enthält die Apparate zur Stromregulierung (Widerstände, Stromwender) und zur Messung (Ampèremeter); oft auch den Quecksilberunterbrecher für den Induktor (in Fig. 46 steht er am Ruhmkorff links, in Fig. 48 rechts).

Der Ruhmkorff, der in den meisten Apparaten Funken von mindestens 25 cm Schlagweite liefert, ist durch zwei Leitungskabel mit den Kondensatoren — den Leydner Flaschen — verbunden. Die inneren Flaschenbeläge tragen am oberen Ende zwei in Kugeln auslaufende Metallstäbe (Entlader), während Ableitungen der äußeren Flaschenbeläge zu den beiden Enden eines Solenoïds führen. An den Entladern findet, wenn der Apparat in Tätigkeit ist, der Aus-

gleich der elektrischen Spannung in einem kräftigen (durch Verschieben der Entlader in seiner Länge regulierbaren) Funken statt: wie oben gesagt, erzeugen die zahlreichen unsichtbaren Oszillationen dieses Funkens den gewünschten frequenten Stromrichtungswechsel.

Von diesem enorm kräftigen Strome, der durch bloße Strahlung Lampen aufglühen läßt, müßte man a priori eine augenfällige, eklatante Wirkung auf den menschlichen Körper, besonders auch auf dessen Motilität und Sensibilität, erwarten. Diese Wirkung tritt nicht ein. Im allgemeinen bringt sowohl die lokale wie die allgemeine Applikation des Teslastroms auf den Körper in diesem weder Muskelzuckung noch Empfindung hervor. Physiologisches.

Anm. Bei längerer Einwirkung tritt freilich an der betreffenden Hautstelle schmerzhafte Rötung mit Quaddelbildung, gelegentlich auch Anästhesie, auf, und bei leisen oder nicht ganz vollendeten Berührungen mit der später zu erwähnenden Kondensatorelektrode kann man ein Überspringen von Funken und ein leicht brennendes oder prickelndes Gefühl sowie auch (bei ähnlicher Applikation) kleine Muskelzuckungen hervorrufen. Alle diese Phänomene stehen aber quantitativ in keinem Verhältnis zu der vorhandenen ungeheuren Stromspannung.

Daß der Strom trotzdem den Körper passiert, sieht man, wenn man der Versuchsperson eine Glühlampe in die Hand gibt: die Lampe glüht auf, aber eine Empfindung tritt nicht ein.

Wie man diese Tatsache zu erklären hat, darüber herrschen noch Meinungsverschiedenheiten. Möglich ist, daß der sehr gespannte Strom im Körper gleichhoch gespannte, entgegengesetzt gerichtete Ströme (Extra-Ströme, s. S. 14 u. 15, Fußnote) durch „Selbstinduktion" erzeugt, die dem Strome den Eintritt ins Körperinnere verwehren und ihn gewissermaßen nur über die Oberfläche hinstreichen lassen; möglich auch, daß das motorische und sensible System des Körpers nur auf eine gewisse mittlere Stromwechselfrequenz „eingestellt" ist und auf schwächere und stärkere Wechselfrequenzen ebensowenig antwortet wie Auge und Ohr auf Licht- und Schallwellen zu niedriger bezw. zu hoher Schwingungszahlen. Sicher begründet sind weder diese beiden noch eine der anderen aufgestellten Hypothesen.

Die naheliegende Annahme, daß — bei der fehlenden äußeren Wirkung des Teslastroms auf den Körper — seine innere Wirksamkeit um so größer sein dürfte, schien durch d'Arsonvals Versuche Bestätigung zu erfahren: er fand experimentell bei Tieren Blutdrucksteigerung (Rötung der Kaninchenohr-Gefäße usw.), sowie Stoffwechselbeschleunigung bei Applikation des Hochfrequenzstromes, und auch beim Menschen glaubte er und auch andere (namentlich französische) Forscher ähnliche Erscheinungen nachgewiesen zu haben. Nachuntersuchungen (T. Cohn und A. Löwy, später Donner, Denobele, Carvalho usw.) zeigten jedoch, daß jene Beobachtungen zumeist auf Fehlerquellen zurückzuführen waren. Die von d'Arsonval erhobenen Befunde über bakterientötende Wirksamkeit des Teslastromes sind von einzelnen Forschern bestritten, von anderen dagegen bestätigt worden. Lecomte hat sogar nachgewiesen, daß kleinere Tiere durch die Ströme

getötet werden. Immerhin ist gegenwärtig noch das meiste, was über die physiologischen Wirkungen der Teslaströme, sowie über die therapeutischen Indikationen für die „Teslaïsation" (oder „Arsonvalisation") berichtet worden ist, mehr oder weniger hypothetischer Natur.

Therapeutische Teslaïsation.

Bei den Behandlungserfolgen spielt wahrscheinlich in der Mehrzahl der Fälle die Suggestion die Hauptrolle (T. Cohn, Kindler). — Von den französischen Forschern (Apostoli, Oudin, Doumer usw.) und den sich ihnen anschließenden nichtfranzösischen wird die Teslaïsation besonders empfohlen zur Behandlung von

1) Stoffwechselkrankheiten: Gicht, Diabetes, Fettsucht, Asthma, Gallen- und Nierensteine, Rheumatismus, Blutarmut. Auch gegen bösartige Tumoren;

2) Hautkrankheiten: Ekzem, Acne, Furunkulose, Herpes, Psoriasis, Lichen ruber, Lupus, Erythema exsudativum usw. (Hier scheinen nach Eulenburg u. A. in der Tat günstige Behandlungsresultate erzielt zu werden);

3) nervösen Symptomen: Neuralgieen (besonders Ischias), Meralgia paraesthetica, Hemikranie, Cephalalgie, Ohrgeräusche, Magenatonie, nervöse Herzbeschwerden;

4) Erkrankungen der Urogenitalsphäre bei beiden Geschlechtern, sowie bei Hämorrhoïden;

5) letzthin sogar zur Behandlung von Lungen-, Knochen-, Gelenk- und Drüsen-Tuberkulose.

Den Heilungsberichten, namentlich wenn sie Fälle der letzten Art betreffen, ist größte Skepsis entgegenzubringen. Sehr wahrscheinlich ist es indessen, daß dem Hochfrequenzstrom eine schlafbessernde und nach den neueren Erfahrungen auch, daß ihm eine bakterizide Wirkung bei Hautaffektionen zukommt. — Neuerdings ist der Strom auch als Anästhetikum bei Zahnoperationen benutzt worden.

Über Schädigungen durch den Strom ist Zuverlässiges kaum zu melden. Die von einigen Autoren aufgestellte Behauptung, daß Hysterie und Neurasthenie durch die Teslaïsation gar nicht oder ungünstig beeinflußt werden, ist nach meiner Erfahrung nicht zutreffend. Inwieweit die Mitteilungen von Atemnotanfällen, Schwindel, Erbrechen, Kopfweh als Folgen unzweckmäßiger Teslaïsation sich bestätigen, müssen weitere Beobachtungen lehren.

Methoden.

Die hauptsächlichsten zur Anwendung kommenden Methoden sind die folgenden:

Direkte Ableitung.

1) Lokale Teslaïsation (direkte Ableitung): von beiden Seiten des primären Solenoïds oder einer sekundären Rolle desselben werden Verbindungen zum (bekleideten) Körper des Patienten geleitet; resp. nur von einer Seite des Solenoïds, während die Ableitung der anderen Seite zum Erdboden geht. Der Patient wird mit einer metallenen Knopfelektrode bestrichen, oder er hält die Elektrode — bei Ableitung des anderen Pols zur Erde — in der Hand, während die Hand des Arztes über die erkrankte Region streicht, ohne die Haut direkt zu berühren; dabei springen kleine Funken über.

2) Kondensationsmethode (indirekte Ableitung): es wird hinter das Solenoïd oder seine sekundäre Rolle, bevor der Strom in den Körper tritt, noch ein Kondensator gebracht, entweder eine sogen. Kondensator-Elektrode (eine mit Graphit gefüllte, knopfartig endende Glasröhre), die zum Körper des Patienten geführt wird, oder ein Sopha (Kondensator-Bett), auf dem der Patient liegt, und dessen untere Fläche eine Metallbelegung trägt. In beiden Fällen bildet der Körper gleichsam die äußere Belegung einer Leydner Flasche. Kondensation.

3) Allgemeine Teslaïsation (Autokonduktion im „Käfig"): in leitende Verbindung mit dem kleinen Solenoïd wird ein großes, stehendes Solenoïd (Käfig) gebracht, in welchem der Patient stehen oder sitzen kann, ohne mit der Leitung in Berührung zu sein (s. Fig. 47). Der Kranke bildet dann gleichsam selbst einen vom Strom umkreisten geschlossenen Elektrizitätsleiter (sekundäre Spirale oder dgl.). Vor Berührung der Solenoïdwindungen oder der Leitungen braucht man sich — wie aus dem Obigen hervorgeht — gar nicht zu fürchten. Man fühlt nichts. (Eine mit dem Körper oder an seiner Stelle mittels eines kurzen Drahtgewindes in den Käfig gebrachte, mit der Käfigwand selbst nicht verbundene Glühlampe glüht jedoch auf.) Autokonduktion.

4) Resonanz-Methode (Oudin). Gleichwie eine schwingende Stimmgabel eine mit ihr abgetönte zweite in Mitschwingungen versetzt, sodaß der von dieser ausgehende Ton ein oder mehrere Oktaven höher ist, so werden auch in einem zweiten Solenoïd, welches neben einem ersten derart angebracht ist, daß die aus möglichst dünnem Draht bestehende sekundäre Spirale die Fortsetzung der dickdrähtigen primären bildet, und dessen Selbstinduktion (s. S. 14 u. 15, Fußnote) mit der der ersten übereinstimmt, elektrische Schwingungen von dem nämlichen Umfange entstehen (Fromme). Das ist das Prinzip der Resonanz-Methode, durch die eine Erhöhung der ursprünglichen Spannung und gleichzeitig die Möglichkeit feinerer Regulation erreicht wird: von dem kleinen Solenoïd wird ein an Kapazität und Selbstinduktion mit ihm übereinstimmender Metall-„Resonator" (ein zweites, feindrähtiges Solenoïd) abgezweigt, dessen Schwingungszahl durch Verschiebung eines Schleifkontaktes über die Resonator-Windungen variiert werden kann. Mittels einer Kondensatorelektrode (s. oben) wird der Strom unipolar oder auch bipolar zum Körper geleitet. — Neuerdings empfiehlt Oudin als noch stärker wirkend einen „Doppelresonator". Auf die Konstruktion kann hier nicht näher eingegangen werden. Resonanz.

Die Dauer aller Applikationen beträgt 3—10 Minuten. Wiederholungen sollen täglich bis zweitägig stattfinden.

Das Instrumentarium ist recht kostspielig. Für Besitzer eines Ruhmkorff (z. B. die Inhaber eines Röntgen-Apparats) verbilligt es sich jedoch nicht unerheblich, zumal wenn der Apparat an die Beleuchtungsanlage angeschlossen werden kann.

Anhang.

Seltner gebrauchte und neuere Anwendungsformen der Elektrizität.

Anhangsweise sei kurz über einige Abarten des elektrischen Stromes berichtet, die in älterer oder neuerer Zeit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen und auch zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken empfohlen worden sind, ohne jedoch bisher Eingang in die allgemeine Praxis gefunden zu haben. Obwohl sie darum für den Praktiker zunächst keine große Bedeutung haben, soll hier der Vollständigkeit halber das Wissenswerteste darüber mitgeteilt werden.

Der magnet-elektrische Strom.

1) Der magnet-elektrische Strom. Wie oben (S. 12 ff.) gezeigt wurde, wird ein faradischer Strom erzeugt, wenn in einem primären Stromkreis fortwährend ein Strom abwechselnd entsteht und verschwindet, bezw. wenn einem solchen primären Stromkreis eine Drahtspirale fortwährend (z. B. durch Rotation) genähert und wieder von ihm entfernt wird. Setzt man nun an Stelle jenes primären Stromkreises eines galvanischen Elements einen Magneten und läßt vor diesem jene Drahtrolle rasch rotieren, so treten auch jetzt in der Drahtrolle dieselben Vorgänge auf wie beim faradischen Strom: auch jetzt entstehen in ihr bei jeder Umdrehung zwei — einander entgegengesetzt gerichtete — Ströme, die dann von der Spirale abgeleitet und zum Körper geführt werden können.

Nach diesem Prinzip sind die sogen. magnet-elektrischen Apparate konstruiert, in denen vor den Polen eines Hufeisenmagneten mittels einer multiplizierenden Zahnradvorrichtung zwei Drahtspiralen an einem Handgriff sehr häufig in der Zeiteinheit in Umdrehung versetzt werden. —

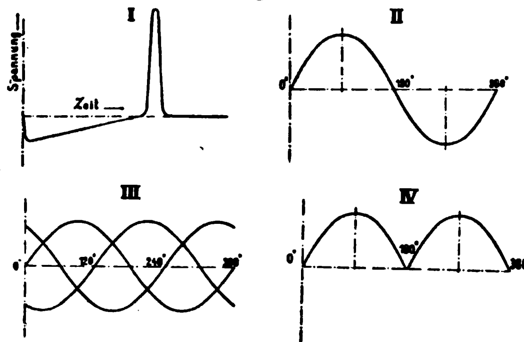
Anm. Die zu Beleuchtungs- und technischen Zwecken verwendeten Dynamos beruhen auf ähnlichem Prinzip; jedoch treten hier an Stelle des einfachen (permanenten) Magneten gewöhnlich ein oder mehrere Elektromagnete und wird der Handbetrieb durch mechanischen Betrieb ersetzt. — Über ihre Benutzung zum Treiben galvano-faradischer Apparate s. S. 134.

Die magnetelektrischen Apparate sind als Ersatz für Induktionsapparate mehrfach empfohlen worden, werden aber der unbequemen Handhabung wegen wohl nur selten gebraucht.

2) Der sinusoidale und undulierende Strom. Der faradische Strom hat bekanntlich die Eigentümlichkeit, daß die beiden ihn zusammensetzenden, entgegengesetzt gerichteten Stromstöße ungleiche Stärke haben (s. S. 15, Fußnote): der Öffnungsstrom ist viel kräftiger

als der Schließungsstrom; die Schwankungen der elektromotorischen Kraft bilden — graphisch dargestellt (s. Fig. 49, I.) — bei jedem Stromimpuls eine unregelmäßige Kurve. In weit geringerem Grade ist diese Unregelmäßigkeit der Schwankungen dem magnet-elektrischen Strome eigen. Trifft man jedoch vollends eine Einrichtung, bei der vermittelst eines sogen. Transformators der starke Gleichstrom von Zentralstationen oder von Akkumulatoren in schwächeren Wechselstrom verwandelt wird, resp. hat man bereits einen (durch Transformer) abgeschwächten Wechselstrom einer Zentrale fertig zur Verfügung, so kann man nachweisen, daß die wechselnden Stromstöße dieser Anlagen nichts von den ebenerwähnten Ungleichmäßigkeiten darbieten; es entsteht dann vielmehr bei graphischer Darstellung eine Stromkurve,

Fig. 49.



Stromschwankungskurven verschiedener Wechselströme:
I. Induktionsstrom. II. (Einphasiger) Sinusoïdalstrom. III. (Dreiphasiger) Drehstrom.
IV. Undulierender (pulsierender) Strom.

deren einzelne Phasen regelmäßige, reine sogen. Kreis-Sinus-Kurven zeigen, die sich abwechselnd einmal über, einmal unter die Abszisse bewegen (s. Fig. 49, II.).

Diese „sinusoidalen" Ströme hat d'Arsonval und nach ihm andere zur medizinisch-therapeutischen Verwendung empfohlen, besonders gegen Lähmungen, nicht-degenerative Atrophieen, Atonieen, Neuralgieen, rheumatische Affektionen der Muskeln und Gelenke, gewisse Hautleiden, Stoffwechselkrankheiten und gynäkologische Erkrankungen (zur Resorption von Entzündungsprodukten usw.). Namentlich aber wurden diese Ströme in neuerer Zeit gegen allerhand Störungen im Gefäßapparat, in erster Reihe gegen Herzerweiterung empfohlen (Smith u. A.), und zwar in der zu ihrer Applikation überhaupt beliebtesten Form, nämlich der von Bädern (sinusoidale Wechselstrombäder). Über den Wert dieser Art der hydroelektrischen Behandlung sind die Akten noch nicht geschlossen. — Es sind übrigens auch Apparate konstruiert worden, die unabhängig von einer Zentralstation solchen Strom liefern. — Der sinusoidale Strom.

Zu ähnlichen therapeutischen Zwecken ist eine Modifikation dieser Stromart, der undulierende, schwellende oder pulsierende Strom, von d'Arsonval angegeben worden. Er wird aus dem sinusoidalen durch Anbringung einer selbsttätigen Stromwende-Vorrichtung (eines Der undulierende Strom.

Kommutators) gewonnen, der im Momente des Kurventiefganges jedesmal eine Stromwendung ausführt. Er unterscheidet sich infolgedessen vom Sinusoidalstrom dadurch, daß seine Stromkurven nicht nur Sinusform zeigen, sondern daß sie auch alle die gleiche Richtung zur Abszisse haben (s. Fig. 49, IV.): während die des sinusoidalen Stromes sich bald über die Abszisse erheben, bald unter dieselbe sinken, bleiben die Wellenbewegungen des undulierenden Stromes alle oberhalb dieser Achse. Er ist also ein Gleichstrom, während der sinusoidale ein Wechselstrom ist.

Beide Stromarten unterscheiden sich in ihrer physiologischen Wirkung von den anderen Induktionsströmen durch größere Milde — geringere Schmerzhaftigkeit, die eine Folge ihrer großen Gleichmäßigkeit ist. Sie sind auch für die Diagnostik verwertbar, ohne jedoch nach M. Bernhardts Untersuchungen dafür einen besonderen Fortschritt zu bedeuten. Ja, sie sind nach demselben Autor überhaupt im Wesen nicht von den magnetelektrischen Strömen verschieden. — Die Handhabung des Instrumentariums ist eine sehr leichte und bedarf keiner besonderen Beschreibung.

Fig. 50.

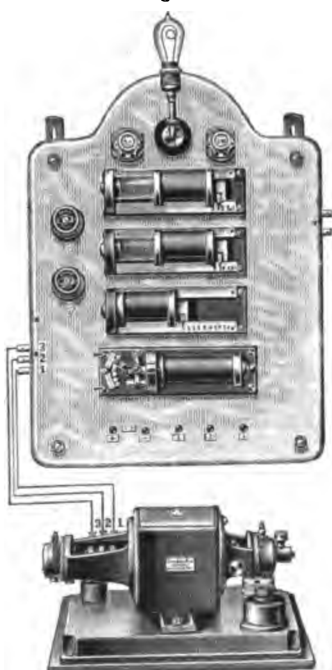
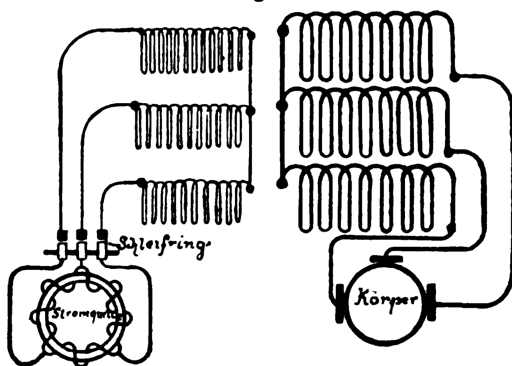


Tableau und Motor-Transformer für Behandlung mit gewöhnlichen Induktions- sowie ein- und dreiphasigen Sinusoidalströmen.
(Reiniger, Gebbert & Schall.)
Bei 1, 2 und 3 unten die Ableitung von den drei Schleifringen (s. Fig. 51), oben die Zuleitung zu den Transformerspulen.

Fig. 51.



Schema eines Apparats für ein- und dreiphasige sinusoidale Faradisation.
Auf der Achse eines Motor-Transformers befinden sich drei Schleifringe, die mit drei symmetrisch zu einander liegenden Punkten der Ankerwickelung des Motors in Verbindung stehen. Von ihnen wird der sinusoidale Wechselstrom abgenommen; will man einphasigen Strom abnehmen, so benützt man nur zwei der Schleifringe und zwei Elektroden, bei dreiphasigem alle drei Ringe und drei Elektroden. Die Regulierung der Stromspannung für die Therapie erfolgt mittels der sekundären Spiralen.

Man kann endlich einer Wechselstrom-Zentrale mittels dreier Leitungen auch einen Strom entnehmen, der sich dadurch charakterisiert, daß er aus drei in regelmäßigen Zeitabständen rasch hintereinander auftretenden Sinusoidalströmen besteht, deren Kurven sich in der in

der Fig. 49, III. gezeichneten Weise untereinander verflechten. Man nennt ihn Dreiphasenstrom und verwendet ihn therapeutisch mittels dreier Elektroden, zwischen deren je zweien ein sinusoidaler Einphasenstrom verläuft. Ihm wird eine ähnliche Wirkung zugeschrieben wie den beiden vorher genannten. — Fig. 50 zeigt den transformierenden Motor (s. oben) eines Apparats für ein- und dreiphasige sinusoidale Wechselströme sowie das zugehörige Tableau mit den Apparaten zur Stromregulierung. Das Tableau enthält gleichzeitig einen Schlittenapparat für gewöhnliche Induktionsströme. Den Stromverlauf in dem der Firma Reiniger, Gebbert & Schall gehörenden Apparate veranschaulicht das Schema in Fig. 51.

Der Dreiphasenstrom.

3) Der monodische Voltastrom (Jodko-Strom). Von einem Ruhmkorff kann man, sobald er mit einer Stromquelle (Beleuchtungsanlage oder Akkumulator-Batterie) verbunden ist, direkt Ströme auf den Körper leiten, indem man nämlich einen Pol frei in einer Spitze enden läßt, während man den anderen zu einem in eine Flüssigkeit tauchenden Kupferdraht führt. Mit der die Flüssigkeit enthaltenden Glasröhre kann man Streichungen ausführen; die freie Spitze kann zu lokaler Muskelreizung dienen oder der Patient wird ihren Ausstrahlungen nach Art des statischen Bades (s. o. S. 152 u. 153) ausgesetzt.

Der Jodko-Strom.

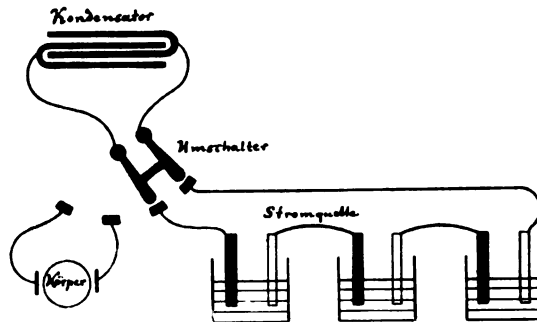
4) Die Kondensator-Entladungen (nach Zanietowski). Daß Entladungen von Kondensatoren (Leydner Flaschen, Franklinschen Tafeln usw., s. S. 149 u. 154), Reizwirkungen auf Nerven und Muskeln ausüben, ist bekannt. Zanietowski hat aber als erster in einer Reihe beachtenswerter Arbeiten systematische Untersuchungen über die Wirkungen solcher Entladungen angestellt und hat sie sowohl zu therapeutischen Zwecken (zu schmerzloser Elektrisation in der Pädiatrie, bei Neurasthenie usw., zur „massageähnlichen Erschütterung feiner Gewebe“ usw.) als auch besonders zur feineren Diagnostik hervorragend geeignet gefunden. Er hat es nämlich durch eine im Grunde recht einfache Methode erreicht, eine Regulierung der Stärke dieser Entladungen zu ermöglichen, und zwar in der Weise, daß er den Strom einer Zentrale oder einer Akkumulatorbatterie zu einem Kondensator leitete und diesen zugeleiteten Strom der Stromquelle abstufte. Den Kondensator wählte er „von optimaler Kapazität“, d. h. nicht zu groß — zur Vermeidung zu langsamer Entladung und damit etwa eintretender Elektrolyse — und nicht zu klein — zur Umgehung elektrotonischer Einflüsse —. Der von der Zentrale geladene Kondensator wird dann auf den Körper entladen.

Die Kondensator-Entladungen.

Der Apparat Zanietowskis, der aus Stromquelle, Kondensator, einem bipolaren Umschalter und den üblichen Regulier- und Meßapparaten besteht, ist unter Weglassung der letzteren in Fig. 52 schematisch dargestellt. Man sieht, daß bei der in der Figur gezeichneten Stellung des Umschalters der Kondensator (Franklinsche Tafeln) von der Stromquelle geladen wird; bei Wendung des Umschalters hingegen gibt er seine Ladung an den Körper ab. Durch Regulation der Spannung in der Stromquelle — mittels der üblichen Apparate: Rheo-

stat, Voltregulator — erreicht man eine Abstufung der Spannung auch im Kondensator und demgemäß im Körper. — Der Umschalter kann entweder durch Fingerdruck zur Tätigkeit gebracht werden und erzeugt dann eine einmalige, momentane Entladung (motorische Nerven und die Muskeln reagieren darauf durch blitzartige Kontraktion), oder er kann mit Hilfe einer selbsttätigen Wippe in eine permanente hin- und hergehende Bewegung versetzt werden und erzeugt dann vielfache, rasch aufeinanderfolgende Entladungen (der motorische Apparat reagiert darauf durch klonische, sich dem Tetanus nähernde Kontraktionen). — Da, wie schon angedeutet, die elektrolytischen und elektrotonischen Einflüsse dieser kurzen, starken Entladungen — wenn überhaupt vorhanden — minimal sind, so kommt die Reizwirkung der Elektrizität bei dieser Form der Applikation so gut wie rein zur Geltung, und es ist somit gelungen, eine Art Elektrodiagnostik mit elementaren Reizen zu begründen, deren Exaktheit die aller bisherigen Methoden

Fig. 52.



Schema eines Apparats für Kondensatorentladungen.
Je nach der Stellung des Umschalters wird der Kondensator von der Stromquelle geladen oder auf den Körper entladen.

übertrifft (Hoorweg und Ziehen), und die deshalb für die Zukunft unserer Wissenschaft von großer Bedeutung werden kann.

Die bisherigen Hauptresultate der Forschungen Zanietowskis sind: 1) die Aufstellung von (physiologischen) Erregbarkeitstabellen für Kondensatorentladungen, die sich noch dadurch vorteilhaft von den Tabellen für die anderen Stromarten unterscheiden, daß die Werte sowohl bei verschiedenen Individuen als bei denselben zu verschiedenen Zeiten nur unwesentlich untereinander differieren (L. Mann); 2) die Auffindung von pathologischen Reaktionen für die genannte Stromform: abgesehen nämlich davon, daß die Elektrodiagnose aller pathologischen Erregbarkeitsveränderungen mittels der Entladung infolge ihrer Kürze und des Wegfalls elektrotonischer und widerstandsverändernder Stromeinflüsse feiner und leichter wird, sind bereits interessante diagnostische Einzelheiten beobachtet worden: bei Dystrophia musculorum ließ sich Fehlen aller Kondensatorzuckungen trotz erhaltener faradischer und galvanischer Erregbarkeit feststellen; die myasthenische Ermüdungsreaktion tritt auffallend langsam ein, die myotonische sehr

deutlich und schmerzlos; Tetanie-Anfälle lassen sich durch „erhöhte Kondensator-Erregbarkeit" oft längere Zeit vorhersagen, und bei Syringomyelie zeigen sich bemerkenswerte elektrische Sensibilitätsbefunde.

Der diagnostischen Leistungsfähigkeit dieser Stromart ist ihr therapeutischer Wert (grade wegen des Wegfalls der therapeutisch so bedeutsamen elektrolytischen und elektrotonischen Wirkungen) wohl nicht ganz ebenbürtig, wenn er auch sicherlich nicht zu unterschätzen ist. Jedenfalls sollten die Praktiker der Methode schon jetzt ihre Aufmerksamkeit schenken. Ein kleiner, nicht kostspieliger, transportabler Apparat für Kondensator-Entladungen wird von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall hergestellt. Der große, nach Zanietowskis Angaben gemachte Apparat der gleichen Firma kann auch für Galvanisation, Galvanofaradisation, Faradimetrie und Widerstandsmessung verwendet werden.

5) Die Behandlung mit Wechselstrommagneten (elektromagnetische Behandlung). Dieses vom Ingenieur Eugen Konrad (Müller) durch Zufall als heilkräftig gefundene Verfahren gehört streng genommen nicht zur Elektrotherapie, sondern ist eine besondere Form der in anderer Weise schon vordem angewandten Magnetotherapie. Während jedoch bei der letzteren der Patient der Einwirkung eines sogen. permanenten Magneten (d. h. eines ein für alle Male magnetisch gemachten Eisenstücks) ausgesetzt wird, handelt es sich hier um einen Wechselstrom-Elektromagneten: durch einen hohlen Kern aus zahlreichen Eisenblechblättchen wird mittels einer herumgewickelten Drahtspirale der Wechselstrom einer Zentrale (bezw. der durch einen Transformator in Wechselstrom verwandelte Gleichstrom einer solchen) geleitet; durch diesen Strom von hoher Intensität, aber relativ geringer Spannung und Wechselfrequenz — 60 bis 70 Polwechsel — wird in dem Eisenkern ein Magnetismus mit ebenso oft wechselnder Polarität erzeugt: er zieht dann paramagnetische Körper stark an, indem er z. B. Eisenfeilspäne radienförmig anordnet, und stößt diamagnetische (z. B. Aluminium) stark ab, ohne daß der zwischengeschaltete menschliche Körper etwas daran ändert (die magnetischen Kraftlinien gehen hindurch, permeant, daher der anfangs gewählte, jetzt fallen gelassene Name „Permea-Verfahren"). Diesem magnetischen Feld wird der zu behandelnde Körperteil ausgesetzt.

Elektromagnetische Behandlung.

Fig. 53.



Stativ mit „Radiator" für elektromagnetische Behandlung.
(Reiniger, Gebbert & Schall.)

Das Instrumentarium besteht aus der Stromquelle und dem sog. Radiator (s. Fig. 53), d. h. einer mit der Zylinderfläche nach oben und unten sehenden, beweglich aufgehängten Trommel, deren ebene Flächen aus Serpentinsteinplatten bestehen und in deren Innerem außer dem genannten Elektromagneten bei den alten Apparaten auch noch eine doppelte — innere und äußere — Kühlvorrichtung zur Bekämpfung der starken Wärmeentwicklung sich befand, die bei den neueren Apparaten weggelassen und durch Luftkühlung ersetzt ist. Die Stromquelle ist die Beleuchtungsanlage (bei Gleichstrom-Beleuchtung unter Einschaltung eines Transformators). Ein Tableau enthält die Apparate zur Strom- und Wasserzuleitung, zur Strommessung und Regulierung; ein großer Metallrheostat ermöglicht die Abstufung.

Bei einer anderen Form des Verfahrens (System Trüb — im Gegensatz zum „System Konrad") wird das wechselnde magnetische Feld nicht durch Wechselstrom in einem ruhenden Magneten, sondern durch Gleichstrom in einem rotierenden Hufeisenmagneten erzeugt. In technischer Hinsicht ist das Trübsche Verfahren wohl dem Konradschen überlegen; in physiologischer Beziehung scheinen beide Verfahren gleichwertig zu sein. Das wenige, was darüber bekannt ist, ist folgendes:

Hält man eine Gesichtsseite gegen den Radiator, so tritt Augenflimmern auf, das bei Augenschluß oft verschwindet. (Bisher nicht genügend erklärt.) Andere physiologische Wirkungen sollen in Vermehrung des Oxyhämoglobingehaltes des Blutes, in sedativem Einfluß auf die Vasomotoren usw. gefunden worden sein.

Therapeutisch wird das Verfahren besonders gegen allerhand Neuralgieen (auch chronische), sowie gegen Neurasthenie (namentlich auch Schlaflosigkeit), vasomotorische Störungen, Angina pectoris usw. empfohlen (Rodari, Lilienfeld u. A.). Nachuntersuchungen sind dringend erforderlich, da es sich möglicherweise um reine Suggestionswirkung handelt (T. Cohn).



Sach-Register.

A.

B.

C.

(s. auch bei K und Z).

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

T.

U.

V.

W.

Z.


COUNTWAY LIBRARY
HC 2AVJ 5



